

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА  
ШЕВЧЕНКА

На правах рукопису

**ПАВЕЛЬЧУК ЄВГЕН МИХАЙЛОВИЧ**

УДК 556.5: 551.58

**ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОЛОГІЧНОГО І ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ  
РІЧОК ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ**

11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата географічних наук

Науковий керівник  
Сніжко Сергій Іванович  
доктор географічних наук,  
професор

Київ – 2016

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1	
ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК ГОЛОВНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ГІДРОЛОГО - ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ.....	10
1.1. Природні умови формування водних ресурсів Житомирського Полісся..	10
1.1.1. Кліматичні умови.....	10
1.1.2. Загальна характеристика гідрографічної мережі.....	11
1.1.3. Ґрунтово-рослинний покрив.....	23
1.2. Характеристика основних видів господарської діяльності, що впливають на формування гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод.....	25
1.2.1. Загальна характеристика господарського комплексу .....	25
1.2.2. Характеристика основних чинників формування гідролого гідрохімічного режиму .....	26
РОЗДІЛ 2	
ХАРАКТЕРИСТИКА ГІДРОЛОГО – ГІДРОХІМІЧНОЇ ВИВЧЕНОСТІ РІЧОК, ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	44
2.1. Гідролого-гідрохімічна вивченість території Житомирського Полісся.....	44
2.2. Характеристика мережі гідрологічних та гідрохімічних спостережень.....	52
2.3. Методика виконання досліджень.....	54
РОЗДІЛ 3	
ГІДРОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ РІЧКОВИХ ВОД.....	56
3.1. Уточнення норм та характерних періодів зміни водного стоку річок Житомирського Полісся.....	56
3.2. Дослідження багаторічних тенденцій зміни водного стоку .....	68
3.3. Основні закономірності внутрішньорічного розподілу водного стоку.....	78

3.4. Встановлення розрахункового періоду для дослідження сучасного гідрохімічного режиму з урахуванням водності.....	84
--	----

## РОЗДІЛ 4

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ РІЧОК ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ .....	96
---	----

4.1. Загальна характеристика хімічного складу води річок .....	96
--	----

4.2. Особливості сучасного гідрохімічного режиму річок Житомирського Полісся.....	110
---	-----

4.3. Вплив гідрологічного режиму на формування хімічного складу води та гідрохімічного режиму річок .....	126
---	-----

4.3.1. Експериментальні дослідження щодо підбору апроксимуючої функції для моделювання зв'язків типу $C = f(Q)$ .....	126
---	-----

4.3.2. Апроксимація статистичних моделей впливу водного стоку на концентрацію розчинених у воді речовин та їх інтерпретація .....	130
---	-----

4.4. Конструювання напівемпіричних графічних моделей гідрохімічного режиму річкою .....	136
---	-----

## РОЗДІЛ 5

ПРОГНОЗ ЗМІНИ ВОДНОГО СТОКУ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ РІЧОК НА ОСНОВІ ВОДНО-БАЛАНСОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ УКРАЇНИ НА ХХІ СТОЛІТТЯ.....	146
---	-----

5.1. Методичні аспекти використання водно-балансових моделей для довгострокового прогнозування водних ресурсів .....	146
--	-----

5.2. Характеристика використаних прогнозних кліматичних характеристик, отриманих за моделями загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО)...	148
--	-----

5.2.1. Короткий опис технології отримання кліматичних характеристик ..	148
--	-----

5.2.2. Характеристика кліматичного прогнозу для території Житомирського Полісся на ХХІ століття.....	151
--	-----

5.2.3. Підготовка прогнозних кліматичних даних до застосування у гідрологічній водно – балансовій моделі .....	154
5.3. Прогноз водного стоку основних річок регіону для різних часових періодів.....	157
5.4. Прогноз хімічного складу води річок під впливом кліматичних змін .....	168
ВИСНОВКИ .....	172
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	175
ДОДАТКИ.....	186
Додаток А .....	187
Додаток Б .....	194
Додаток В .....	198
Додаток Д .....	199
Додаток Е .....	201
Додаток Ж .....	203
Додаток З .....	210
Додаток К .....	212
Додаток Л .....	214
Додаток М .....	216
Додаток Н .....	218
Додаток П .....	222

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Водні ресурси в XXI столітті стали відносити до категорії стратегічних природних ресурсів; вони вважаються лімітуючим фактором розвитку не тільки окремих галузей промисловості, але й цілих регіонів.

Територія Житомирського Полісся характеризується низькою водозабезпеченістю. Питома забезпеченість населення області місцевими водними ресурсами річкового стоку складає всього 2,46 тис.м<sup>3</sup> в рік на одну особу, а в посушливі роки знижується втричі і становить 0,82 тис. м<sup>3</sup> . Експлуатаційні запаси підземних вод дуже обмежені і становлять всього 0,059 тис.м<sup>3</sup> в рік на одну особу (Обухов,2011). Водопостачання різних галузей промисловості та комунального господарства даного регіону в значній мірі зорієнтоване на використання поверхневих вод, а саме річкового стоку. Тому науковий аналіз процесів формування кількісних і якісних характеристик водного стоку річок, його багаторічної динаміки є одним із обов'язкових елементів підготовки науково-обґрунтованих стратегій регіонального розвитку.

Особливого значення правильне розуміння часової мінливості водного стоку, його нормативних розрахункових характеристик, стабільності водних ресурсів набуває у зв'язку із загостренням впливу глобального потепління на гідрологічний цикл. В Україні дослідження з цього питання проводили такі вчені, як Є. Д. Гопченко, Н. С. Лобода, А. І. Шерешевський, Л. О. Горбачова, В. В. Гребінь, В. І. Вишневський, С.І. Сніжко, І.В. Куприков. Але це питання наразі залишається вивченим недостатньо, особливо у регіональному аспекті, і потребує подальшого поглибленого дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження кількісних і якісних характеристик водних ресурсів України в умовах зміни клімату належить до пріоритетних напрямків державної політики (Указ Президента України № 389/2012 від 8 червня 2012 року «Про нову редакцію Стратегії національної безпеки України», постанова КМУ №468 « Про

необхідність проведення заходів з метою пом'якшення наслідків зміни клімату», тощо. Дисертаційна робота виконувалась в рамках науково - дослідної теми географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка «Екологічна і природно - техногенна безпека України в регіональному вимірі», НДР №14 БП 050 - 02, 2014-2015 рр.

**Мета і задачі дослідження** полягають у встановленні сучасних закономірностей гідрологічного та гідрохімічного режимів річок Житомирського Полісся в умовах кліматичних змін.

*Основні задачі наукового дослідження:*

- встановити багаторічні особливості водного стоку з виділенням його фазово-циклічної структури;
- розрахувати статистичні параметри рядів водного стоку та уточнити багаторічні норми стоку з урахуванням сучасних даних спостережень;
- дослідити тенденції багаторічних змін водного стоку та підтвердити їх за допомогою критерія Манна-Кенделла;
- дослідити сучасні особливості гідрохімічного режиму річок, його сезонні та багаторічні особливості;
- оцінити роль водного стоку у формуванні хімічного складу води річок та здійснити апроксимацію залежностей розчинених у воді речовин від характеристик водного стоку за допомогою статистичних моделей;
- побудувати напівемпіричні графічні моделі гідрохімічного режиму річок;
- виконати прогноз зміни водного стоку річок на XXI століття на основі водно-балансового моделювання та результатів моделювання кліматичних умов України;
- оцінити можливі зміни хімічного складу води річок з урахуванням результатів довгострокового гідрологічного прогнозу.

*Об'єкт дослідження* гідрологічний та гідрохімічний режим річок.

*Предмет дослідження* часова мінливість водного стоку та хімічного складу води річок Житомирського Полісся з урахуванням кліматичних змін.

**Методи дослідження.** Дослідження виконані із застосуванням класичних методів математичної статистики (метод ковзного осереднення для оцінки циклічності гідрометеорологічних рядів, критерій Колмогорова-Смірнова для статистичної оцінки однорідності рядів; розрахунок часових лінійних трендів за метеодом найменших квадратів та їх оцінка за допомогою теста Манна-Кендалла). Розрахунки та графічні побудови виконані за допомогою пакету прикладних програм статистичної обробки даних «STATISTICA 6.0» та програми «Microsoft Excel». Картографічне представлення просторового розподілу досліджуваних характеристик виконано методом просторової інтерполяції за допомогою програми «MAPINFO». Для прогнозу можливих змін водного стоку та хімічного складу води річок використано результати кліматичного прогнозу (Краковська С.В. та ін., 2013) за ансамблем регіональних кліматичних моделей та водно-балансову модель Турка.

**Вихідні матеріали.** Для виконання досліджень було використано матеріали багаторічних спостережень Гідрометеорологічної служби України за параметрами водного стоку річок, їх хімічного складу, опадів, температури повітря за багаторічний період та матеріали Державного управління екології та природних ресурсів в Житомирській області.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

*Вперше:* - досліджено фазово-циклічну структуру багаторічних коливань водного стоку річок Житомирського Полісся за період з 1925 р. по 2012 р.;

- розроблено рекомендації щодо врахування фазово-циклічної структури рядів при виборі репрезентативного періоду спостережень для дослідження багаторічних тенденцій водного стоку;
- виконано прогноз зміни водного стоку та оцінено можливі зміни хімічного складу води річок Житомирського Полісся на XXI століття на основі водно-балансового гідрологічного моделювання та результатів моделювання кліматичних умов України;

*Удосконалено:*

- метод оцінки значимості трендів зміни водного стоку завдяки обґрунтованому вибору часового періоду та застосуванню тесту Манна-Кенделла;
- статистичний метод оцінки залежностей розчинених у воді речовин від характеристик водного стоку шляхом побудови напівемпіричних графічних моделей гідрохімічного режиму річок;
- оцінку гідрохімічного режиму річок в сучасних умовах.

*Дістали подальший розвиток:*

- уточнено багаторічні норми стоку досліджуваних річок з урахуванням фазово-циклічної структури рядів водного стоку та використанням сучасних даних спостережень;
- оцінено особливості внутрірічного розподілу водного стоку в умовах зміни клімату;
- досліджено сучасні закономірності гідрохімічного режиму річок у різні фази гідрологічного року;
- застосовано поєднання гідрологічної водно – балансової моделі та результатів моделювання клімату за ансамблем чисельних регіональних кліматичних моделей для довгострокового прогнозування водного стоку річок.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані в дисертації результати впроваджені у Державному управлінні екології та природних ресурсів в Житомирській області і використовуються для планування та розробки заходів адаптації водного господарства до можливих змін клімату.

**Особистий внесок здобувача.** Постановка наукових завдань та розробка окремих частин дисертаційного дослідження була проведена спільно з науковим керівником. Особисто здобувачем було вивчено та проаналізовано літературні й архівні джерела; створено інформаційну базу гідрологічних та гідрохімічних даних для річок регіону, виконано аналіз цих даних з використанням рекомендованих науковим керівником сучасних математичних і статистичних методик, виконано аналіз та інтерпретацію отриманих результатів.



**Апробація результатів дисертації.** Основні наукові положення і результати дисертаційної роботи доповідались на: конференції молодих вчених в КНУ ім.Т.Шевченка, "Молоді науковці – географічній науці" (Київ, 2013р.); Міжнародній науково-практичній конференції "Шевченківська весна" (Київ - 2014р.); Міжнародній науково - практичній інтернет конференції "Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії" (Переяслав - Хмельницький, 2015р.), та на Міжнародній науковій конференції "Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата" (Минск, 5-8 мая 2015г.)

**Публікації.** Основні наукові положення і результати дисертації опубліковані в 12 наукових працях, у тому числі: 7 статей в фахових періодичних виданнях; 1 – у міжнародному фаховому виданні, 4 – у матеріалах та збірниках тез конференцій, інших виданнях.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (113 найменувань на 11 сторінках) та додатків. Повний обсяг роботи становить 226 сторінок. Основний зміст дисертації викладений на 174 сторінках, налічує 107 рисунків, 31 таблицю та 12 додатків на 38 сторінках.

## РОЗДІЛ 1

### ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ЯК ГОЛОВНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ГІДРОЛОГО - ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ.

Водозбори досліджуваних річок практично повністю розташовані в межах Житомирського Полісся, в зоні мішаних лісів. Проте витoki деяких з них, як і їх верхні течії розміщені у лісостеповій зоні. Умовна межа між зонами проходить за лінією Дзержинськ - Чуднів - Житомир - Корнин.

#### 1.1. Природні умови формування водних ресурсів Житомирського Полісся

##### 1.1.1. Кліматичні умови

Клімат Житомирського Полісся помірно-континентальний, з теплим вологим літом і м'якою хмарною зимою. Він залежить від основних кліматотворних факторів: сонячної радіації, атмосферної циркуляції, форм рельєфу, а також лісистості і заболоченості, які впливають на формування місцевих мікрокліматичних відмінностей [1].

Середня багаторічна температура найхолоднішого місяця (січня) становить  $-6^{\circ}$ , найтеплішого (липня)  $+17^{\circ}$  С -  $+19^{\circ}$  С. Середня річна температура повітря в області становить  $+6^{\circ}$  С -  $+7^{\circ}$  С. Найбільші морози бувають у січні, лютому і досягають  $-30^{\circ}$ С. Тривалість безморозного періоду 150-170 днів. Сума додатніх температур повітря (понад 10) коливається від  $2400^{\circ}$ С на півночі, до  $2600^{\circ}$  С на півдні. Тривалість періоду з середньодобовими температурами вище  $0^{\circ}$  становить 240-260 днів. Вегетаційний період (дні з середньою температурою повітря вище  $5^{\circ}$ С) продовжується від другої декади квітня до третьої декади жовтня. Середні дати весняних заморозків на ґрунті – 5 - 10 травня, а найпізніші - у першій

половині червня. Осінні приморозки починаються на прикінці вересня - на початку жовтня [2].

Протягом року випадає 550-600 мм опадів. Максимум опадів випадає в літні місяці: червень, липень, серпень (40-45% річної кількості опадів на Поліссі і 55-60% у лісостепу). Лісостепова частина Житомирського Полісся іноді страждає від посух. Сума опадів у період активної вегетації становить 300-350 мм. Позитивний баланс вологості у ґрунті забезпечує нормальний розвиток рослинності, а в окремі роки з прохолодним літом надмірна вологість спричиняє вимокання зернових, шкодить заготовлі сіна [3].

Важливе значення для формування водного стоку має сніговий покрив. Тривалість снігового покриву складає в середньому 84-94 дні, проте в окремі роки ця величина може змінюватися в межах від 32 до 133 днів. Висота снігового покриву досягає (в середньому) 18-20 см, проте, в окремі роки може досягати екстремальних величин від 5 см (Олевськ) до 70 см (Овруч). Середня величина запасу води у снігу складає 50-70 мм. [4].

### 1.1.2. Загальна характеристика гідрографічної мережі

Територія Житомирської області має розгалужену гідрографічну мережу, яка повністю належить до басейну р. Дніпро. Найбільша частина області належить до басейну правої притоки Дніпра - р. Прип'яті (54%); в басейні Тетерева розміщено 38% її території, в басейні Ірпеня - 3,5%, в басейні Росі - 4,5% (рис.1.1).

Рельєф території в основному рівнинний, підземні води беруть незначну участь в формуванні стоку річок. Основу його складають атмосферні опади. Більшість річок починаються на території Житомирської області, лише річки Роставиця, Гуйва, Гнилоп'ять і Случ беруть початок в сусідніх областях і приносять незначні транзитні ресурси води. Тому у всіх орієнтовних

водогосподарських розрахунках (плани водоспоживання, оперативні баланси) область, як правило, базується на стоку, що формується в межах області.



Рис. 1.1 Гідрографічна мережа Житомирського Полісся

Водність річок області досить нерівномірна по сезонах року та кліматичних зонах. Так, водність рік в північних районах в 1,5-2 рази вище, ніж у південних. До 70% стоку річок припадає на весняну повінь, або літні паводки і лише до 30% - на решту року. В літню межінь значна частина річок південних районів в сухі роки пересихає, що робить неможливим водозабір з них без будівництва підпірних споруд, ставків та водосховищ.

За даними Держводагентства України на території області налічується 2822 річки загальною довжиною 13,7 тис.км. В структурі гідрографічної сітки області великих річок немає, середніх річок – вісім:

- р. Случ загальною площею водозбірною басейну (далі площею басейну) 13800 м<sup>2</sup> (в межах області разом з притоками – 4968 км<sup>2</sup>) і довжиною 451 км (в межах області – 181 км);

- р. Уборть загальною площею басейну 5820 км<sup>2</sup> (в межах області разом з притоками – 3800 км<sup>2</sup>) і довжиною 292 км (в межах області – 170,6 км);

- р. Ствига загальною площею басейну 5440 км<sup>2</sup> (в межах області разом з притоками – 428 км<sup>2</sup>) і довжиною 178 км (в межах області – 1 км);

- р. Словечна загальною площею басейну 2670 км<sup>2</sup> (в межах області разом з притоками – 600 км<sup>2</sup>) і довжиною 158 км (в межах області – 40 км);

- р. Уж загальною площею басейну 8080 км<sup>2</sup> (в межах області разом з притоками – 6016 км<sup>2</sup>) і довжиною 256 км (в межах області – 159 км);

- р. Тетерів загальною площею басейну 15100 км<sup>2</sup> (в межах області разом з притоками – 10981 км<sup>2</sup>) і довжиною 365 км (в межах області – 276 км);

- р. Ірша загальною площею басейну 3070 км<sup>2</sup> (в межах області разом з притоками – 3064 км<sup>2</sup>) і довжиною 132 км (в межах області – 126 км);

- р. Ірпінь загальною площею басейну 3340 км<sup>2</sup> (в межах області разом з притоками – 897 км<sup>2</sup>) і довжиною 153 км (в межах області – 43 км).

Річка Рось в межах області не протікає, тут протікають лише її притоки. Загальна площа басейну 12800 км<sup>2</sup> (в межах області притоки – 1298 км<sup>2</sup>), довжиною 346 км (в межах області притоки – 322,5 км).

Малих річок довжиною понад 10 км – 321, їх загальна довжина становить 5695 км. Малих річок (струмків, водотоків) довжиною менше 10 км є 2493, їх загальна довжина становить 7062 км. Таким чином, всього річок довжиною понад 10 км на території Житомирщини є 329, їх загальна довжина – 6691,6 км.

Розташування Житомирської області у двох фізико - географічних зонах позначилось як на розвиткові річкової мережі, так само і на водному режимі цих рік. При пересічній густоті річкової мережі області 0,36 км/км<sup>2</sup>, у

лісостеповій частині вона становить 0,20 - 0,26 км/км<sup>2</sup>. Для річок області характерне мішане живлення з переважанням снігового. Понад 50% річкового стоку припадає на талі снігові води. Частка підземних і дощових вод у живленні, приблизно однакова.

Льодоутворення на річках області починається, як правило в кінці листопаду - на початку грудня. Середня тривалість льодоставу 3-4 місяці, середня товщина 0,2 - 0,4 м.

В залежності від геолого - геоморфологічних умов і рельєфу сформувались географічні особливості річок [5] характер річкової долини, будова русла, нахил річки, швидкість течії тощо. Річки півночі області мають більш повільну течію. Заплави лучні, або чагарникові, подекуди заболочені. Річки центральної і південної частини області мають добре вироблені терасові долини. Середня ширина їх становить 0,5 - 0,8 км (на р. Тетерів - до 4 км); схили високі (10 - 20 м) часом круті. Русла річок помірно звивисті. Ширина річок у межень на перекатах дорівнює 5-20 м, на плесових ділянках 30-50 м (на р. Случ - до 110 м). Середній похил річок порівняно значний (0,6-1,2 м/км), швидкість течії на перекатах дорівнює 0,1-0,4 м/сек.

Основні гідрографічні характеристики найбільших річок області наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

### Основні гідрографічні характеристики найбільших річок області

Назва річки	Загальна довжина, км	Довжина в межах області, км	Середній стік мм/м <sup>3</sup> за рік
Тетерів	365	247	536
Случ	451	194	980
Уборть	292	174	380

Ірпінь	162	38	53,0
Словечна	158	47	73
Здвиж	143	33	39,0
Ірша	136	136	257,0
Роставиця	116	60	98,0
Каменка (басейн р.Рось)	105	47	28,3
Гнилопять	99	70	70,7
Гуйва	97	82	78,0
Жерев	96	96	145,5
Унава	87	42	33
Норинь	84	84	83,9

Річка Тетерів – найбільша річка області, бере початок на відрогах Волино - Подільської височини, приблизно за 4 км на південний захід від с.Носівки Чуднівського району і впадає в Київське водосховище. Довжина річки 385 км, в межах області – 247 км (64,1%). Площа водозбору - 15300 км<sup>2</sup>, на Житомирщині – 10947 км<sup>2</sup> (71,5%), рівень падіння 0,5 м на км. Ліси займають 15% басейну, болота 4,4%. Перетинаючи Український кристалічний масив, Тетерів має добре зрізані, здебільшого скелясті береги (рис.1.2).

Долина річки до Радомишля переважно V-подібна, шириною 0,3-0,8 км, з крутими або помірно крутими, звичайно опуклими схилами висотою 7 - 30 м. Відслонення гірських порід по схилах долини створюють ущелини з прямовисними схилами висотою до 50 м. Виходи гнейсів і гранітів на денну поверхню, у поєднанні з лісовими масивами, що підступають до води, утворюють надзвичайно мальовничі краєвиди. Для течії характерні переكاتи і невелички водоспади. Заплава двобічна, висока і вузька. Вона утворена

пісками й суглинками, іноді зустрічаються виходи гранітів. Русло річки звивисте, переважно нерозгалужене. На всьому протязі річки спостерігається чергування плесів і перекатів, зустрічаються піщані коси, обмілини. Ширина річки змінюється від 0,4 до 200 м. Глибина річки на плесах 1,0-1,5 м, найбільша - 4,5 м. На перекатах вона досягає не більше 0,7 м, на порожистих ділянках - 0,2-0,4 м. Середня швидкість течії 0,3-0,5 м/сек, на порогах збільшується до 1,0-2,5 м/сек.



Рис. 1.2 Річка Тетерів в межах Українського кристалічного масиву

Русло річки заростає біля берегів водною рослинністю. Дно здебільшого піщане, на плесах - мулисто - піщане, рідше глинисте, місцями в верхів'ї скелясте або кам'янисте. Береги річки до Радомишля в основному суглинисті. Вони круті, стрімкі, висота їх - 1,0-2,0 м, місцями 3-5 м, заросли чагарником, а іноді травою.

У межах області Тетерів приймає багато приток. З них найголовніші: Гнилопять (на її березі знаходиться м. Бердичів), та Гуйва, що протікає через м. Андрушівку. Обидві ці річки беруть початок у Вінницькій області і впадають до Корбутівського водосховища.



В р. Гуйву надходять скиди стічних вод з очисних споруд Андрушівського спирт заводу, Андрушівського цукрового заводу, о/с в/ч А-2038 смт. Озерне (нижче міст).

Найбільшою лівою притокою Тетерева є Ірша, яка бере початок в с.Івановичах Червоноармійського району (рис.1.3.).



Рис. 1.3 Річка Ірша – Малинське водосховище

На річці Ірша розташовані районні центри: селище Володарськ-Волинський і м. Малин, селище міського типу Іршанськ. На Ірші розташовано 47 ставків і 5 водосховищ господарсько-побутового та технічного значення. Скиди зворотних вод у річку здійснюють о/с Володарськ Волинського КП „Тепловодоканал”, о/с КП смт. Нова Борова, о/с Іршанського ДКП, о/с Іршанського ГЗК, о/с Малинської паперової фабрики, о/с Малинської банкнотної фабрики.

Основне водосховище на річці Тетерів – Корбутівське, знаходиться вище м. Житомир впродовж селищ Перлівка - Тетерівка, з нього здійснюється водопостачання м. Житомир. Скиди зворотних вод в р. Тетерів здійснюються із очисних споруд комунальних підприємств міст Чуднів, Житомир, Коростишів та Радомишль.

Другою за значенням і за розмірами річкою Житомирщини, що несе свої води з півдня на північ, є річка Случ – найбільша притока р. Горинь, її довжина 451 км, в межах області – 194 км (43%), площа водозабору 13800 км<sup>2</sup>, в межах області – 5100 км<sup>2</sup> (37%). Протікає на території Тернопільської, Хмельницької, Рівненської і Житомирської областей. Верхів'я річки розташоване на Волино-Подільському плато, пониззя – у Поліській низовині. Долина річки проходить у крейдяних і третинних відкладах, представлених пісками, глинами, мергельно-крейдяними породами і вапняками. В межах Волино-Подільського плато вона знаходиться в кристалічних породах та набуває на цій ділянці характеру гірської річки зі скалистими берегами, водоспадами, порогами. Долина річки складена тут переважно слабкопідзолистими піщаними ґрунтами, водоносні горизонти розвинуті в гранітах кристалічного масиву. Заплава висока й вузька. Дно річки піщане, течія швидка, рослинність майже не розвинена.

Для долини р. Случ у межах Новоград-Волинської денудаційної рівнини характерне чергування звужених ділянок зі скелястими берегами, часто каньйоноподібним поперечним профілем та розширених і виположених відрізків долини (рис.1.4).



Рис. 1.4 Долина річки Случ

Відносно перевищення корінного схилу над урізом води досягає 66 м. Найвищі позначки рельєфу вкриті товщею лесових суглинків, надзаплавні терасові рівні фрагментарні і часто нівельовані. Характерною рисою долини також є дуже мала ширина заплави – 80–250 м. Наявні два рівні заплави – висока і низька.

На крутих схилах долини часто трапляються виходи кристалічних порід, зумовлюючи скелястість рельєфу [6] .

Між селами Курчиця і Чижівка долина Случі виположена і розширена, проте заплава подекуди є ерозійною. Крім заплави, на відрізу від Курчиці до Вербівки є дві надзаплавні тераси.

Ріка Случ у районі міста Новоград-Волинського глибоко врізана в кристалічні породи та утворює долину прориву зі скелястими схилами. Крім заплави, у долині р. Случ є дві НЗТ: перша – акумулятивна, друга – ерозійно-акумулятивна. Для геологічної будови цього району характерна є наявність лесових суглинків на найвищих гіпсометричних рівнях корінного берега долини р. Случ [6].

Живлення річки переважно снігове. В межах Житомирщини в річку Случ впадають річки Смолка, Тня і Церем. На річці розташовані районні центри Любар, Баранівка, Новоград-Волинський і смт Городниця. Скиди зворотних вод здійснюють очистні споруди Любарського КП ЖКГ, ВАТ Миропольської паперової фабрики, Баранівського КП, Новоград Волинського ВУВКГ, КП Годницького фарфорового заводу.

З річок північної частини області найбільші Уборть, Уж, Словечна і Жалонь, що несуть свої води до Прип'яті.

Уборть - типова поліська річка, її басейн займає північну частину Придніпровської низовини (рис.1.5.). В основі басейну залягають докембрійські кристалічні породи (граніти, гнейси), прикриті третинними і четвертинними піщано-глинистими відкладами. Основні ґрунти басейну -

піщані, зрідка пилувато-суглинисті, супіщані, у заболочених пониженнях - торф'янисті.



Рис. 1.5 Річка Уборť

Близько 39% площі басейну Уборťі зайнято лісами, 23-30% - болотами. Болота переважно низинні, поширені рівномірно по всій площі басейну. Живлення річки переважно снігове. Весняна повінь дає 60% річного стоку, після чого витрати води різко знижуються, досягаючи мінімуму в літню межень. Восени і взимку стік річки дещо зростає за рахунок осінніх дощів. Грунтові води залягають у четвертинних і сучасних алювіальних відкладах і дають виходи по дну річкової долини.

Річка в середній течії має вузьку й високу заплаву. Береги високі, круті. Русло завширшки від 5 до 15-20 м, глибиною 0,5-1 м. На дні річки переважає пісок, інколи щєбінь і каміння. Швидкість течії 0,5-1,0 м/с, вода темно-коричнева.

Річка Уж бере початок в Ємільченському районі. Басейн річки має витягнуту з заходу на схід форму, довжина його 160 км. Болота займають біля

19% всієї площі басейну (1542 км<sup>2</sup>), ліси - 28% (2440 км<sup>2</sup>). В межах Центрального Полісся Уж протікає по кристалічних породах в каньйоноподібній долині, де набуває особливостей гірської річки (рис.1.6).



Рис. 1.6 Річка Уж в межах Українського кристалічного щита

Течія річки Уж швидка (до 1м/с), нерідкими є пороги і водоспади. Дно переважно кам'янисте, місцями в берегових зонах - піщане. Долина має ширину 0,7-1,0 км, в окремих місцях вона доходить до 6-7 км. Схили долини досягають висоти 9-18 км. Вони прямі, навіть круті і стрімкі. Вони утворені піщаними або глинистими ґрунтами. Заплава річки двобічна, зрідка - однобічна, її ширина до впадіння Жерева - 150-500 м, нижче - 1,5-6,0 км. Поверхня її рівна, переважно суха, лише в окремих місцях зустрічаються заболочені ділянки. Заплава лежить на піщаних відкладах. У живленні річки беруть участь ґрунтові води і трищівуваті води кристалічного щита.

Річка Норинь знаходиться в районі острівного розвитку лесових відкладів (Словечансько-Овруцький кряж), що зумовлює дещо вищі значення мінералізації, рН і меншу концентрацію забарвлених гумусових речовин, порівняно з річками Уж і Уборть. Скид зворотних вод здійснюють очисні споруди Овруцького КП.

Серед інших річок, що протікають частково своєю течією по території області, слід відзначити річку Ірпінь з притокою Унавою. У Корнині побудовано на Ірпіні греблю, яка утворила велике водосховище. По території Ружинського та Попільнянського районів своїми верхніми течіями протікають притоки Росі - Роставиця та Кам`янка.

На Житомирщині чимало невеликих озер. Найбільші з них - Чорне, Куп'є, Озерянське, Дуже, Дідове, Прибиловецьке - розташовані в басейні річки Уборть. Великі площі в області займають болота, які поділяються на низинні і верхові. Найбільше їх в північній частині - в басейнах Уборті, Ужа [7]. Заболоченість північної частини регіону становить понад 25%. Більшість боліт має площу 100-500 га. Далі на південь заболоченість зменшується. В центральній його частині площа боліт становить 4120 га. Болота тут невеликі (1-15 га), найчастіше - це болота-блюдця в межиріччях. Ще менше боліт у південній частині Центрального Полісся.

Внаслідок непередуманого осушення кількість боліт - акумуляторів вологи - зменшується. Одночасно з цим зникають і маленькі річки, пересихають ґрунти, гинуть ліси. Це негативно впливає на режим живлення річок, рослинний і тваринний світ області, водний режим головної артерії України – Дніпра [7].

В басейнах річок області створено 43 водосховища: 26 – комплексного використання, 5 – для риборозведення, 4 – для госпобутових і питних потреб, 2 – для технічного водопостачання та гідроенергетики, 2 – для зволоження земель. Річки і водосховища Житомирської області використовуються для промислового, сільськогосподарського і побутового водопостачання, а також як водоприймачі промислових, комунально – побутових стічних вод і скидів з меліоративних осушувальних систем (Додаток А).

### 1.1.3. Грунтово-рослинний покрив

Грунти в межах Житомирської області за їх механічним складом та фізико-хімічними властивостями досить різноманітні. На їх утворення та географічне поширення впливають рельєф, материнські породи, кліматичні умови, а також рослинний і тваринний світ. Грунтовий покрив області складний і строкатий.

У поліській частині області найбільш поширені дерново-підзолисті ґрунти (60% ґрунтового покриву) материнськими породами для яких служать піщані і супіщані водно-льодовикові і алювіальні відклади.

У зв'язку з особливістю ґрунтоутворних порід спостерігається певна диференціація і закономірність у розміщенні дерново-підзолистих ґрунтів. На алювіальних відкладах з піщаним механічним складом, розташованих по річкових долинах, переважають піщані ґрунти. Далі від річкових долин піщані ґрунти змінюються супіщаними, в деяких місцях - суглинковими.

Лучно-болотні і торфо-болотні ґрунти та низинні торфородовища поширені як в заплавах рік Полісся, так і Ліостепу області. Всі ґрунти даного типу перезволожені. Природна родючість їх незначна. Для поліпшення родючості ці ґрунти потребують водноповітряного режиму шляхом осушення, після чого їх найдоцільніше використовувати під природні кормові угіддя.

Чорноземи опідзолені і темно - сірі опідзолені ґрунти поширені переважно в лісостеповій і лише частково - у поліських зонах. Землі даного типу займають рівнинні простори та слабопохилі схили вододілів. Їх найвища природна родючість пояснюється великою загальною товщиною гумусного горизонту, яка досягає у чорноземів глибоких 90 см, а в окремих випадках навіть 110 - 130 см, тобто найбільшій потужності гумусового горизонту серед ґрунтів Житомирщини.

На Житомирщині спостерігається значний рівень освоєння (94%) земельного фонду для господарського використання; прогресують ерозійні

процеси, площі еродованих та ерозійно небезпечних земель постійно зростають.

Водозбори досліджуваних річок розташовані у двох природних зонах - зоні мішаних лісів і лісостепу.

У структурі державного лісового фонду переважають хвойні породи (59,6 %), твердолистяні (20,5%), м'яколистяні (19,9%). За видовим складом сосна становить 59%, дуб - 20%, береза - 13,5%, решту займають вільха, осика, граб, ясен, берест, ялина, липа та ін.

Найбільшого поширення в області набула сосна звичайна. Загальна площа соснових насаджень становить понад половину загальної площі лісів.

Соснові ліси поширені переважно в поліській частині області на малородючих піщаних ґрунтах, на підвищених формах рельєфу (вершинах дюн і піщаних горбів). Видовий склад рослинності борів небагатий, трав'яний покрив бідний. З деревних порід, крім сосни, росте береза, а ґрунт вкривають кущики вересу, брусниці та чорниці.

Хвойні та листяні ліси поширені на більш родючих супіщаних та глинисто-піщаних ґрунтах, на підвищених формах рельєфу. Рослинний світ їх багатий. Тут ростуть сосна, береза, дуб; у підліску - кущі ліщини, папороті, брусниці, суниці. В північно-західних районах Житомирського Полісся значні площі у підліску займають зарослі рододендрону жовтого або азалії понтійської.

На середньо-підзолистих суглинкових і супіщаних та сірих лісових ґрунтах поширені листяні ліси. Лісоутворюючими породами тут є дуб і граб.

Мішані ліси розміщуються на більш родючих супіщаних ґрунтах і мають найбільш різноманітний склад рослин. Хвойні і листяні породи представлені сосною, дубом, березою, грабом, липою, кленом. На берегах річок і струмків у вологих місцях і, особливо, там, де виходять ґрунтові води, трапляються суцільні зарості вільхи.



На південь від лінії Миропіль - Дзержинськ - Чуднів - Житомир - Корнин простягається зона Житомирського лісостепу. Тут лісові ділянки чергуються із степовими. Ліси зустрічаються порівняно рідко, у вигляді дубово-грабових гаїв-дїбров. Степові ділянки, в своїй більшості розорані і в природному стані не збереглися.

В долинах рік - заплавні луки. Деревною рослинністю заплавних лук є здебільшого вербові і осокові насадження. Значні зарості утворює шелюга. На прируслових частинах заплав - пирій повзучий, гвоздика, молочаї та ін. Знижені ділянки заплав укріті болотяною та водною рослинністю.

1.2. Характеристика основних видів господарської діяльності, що впливають на формування гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод

1.2.1. Загальна характеристика господарського комплексу

Основними галузями господарського комплексу досліджуваної території є різні види промисловості, сільське господарство, транспорт та інші види економічної діяльності, функціонує приблизно 403 промислових підприємства. Переважна їх більшість зосереджена у містах Житомирі, Бердичеві, Коростені, Новоград Волинському.

Найбільша частка виробництва належить харчовій промисловості - 17%, скляній та фарфоро-фаянсовій промисловості області - 16%, виробництву молочної продукції - 6%, целюлозно-паперової продукції - 5% від виробленого в Україні. Регіон забезпечує потреби України в титановому концентраті. В надрах регіону є 85% апатитів та 89% - кварцитів, що розвідані в Україні [8].

Промислове виробництво є найбільшим забруднювачем навколишнього природного середовища, а саме такі підприємства: ВАТ „Біомедскло”, ЗАТ „Житомирський меблевий комбінат”, ОПТМ „Житомиртеплокомуненерго”,

ВАТ „Комбінат силікатних виробів”, ВАТ „Житомирський м'ясокомбінат”, а також підприємства комунального господарства і гірничодобувної промисловості.

Сільськогосподарське виробництво найтісніше пов'язане з природним навколишнім середовищем, виступає його складовою частиною, а в певній мірі і доповнює його.

По території області проходять нафтопровід “Дружба” та нафтопродуктопровід, які представляють основну загрозу земельним та водним ресурсам.

Значна частина території (9,8 тис.км<sup>2</sup>), 9 районів і місто Коростень опинилися у зоні радіаційного забруднення. Внаслідок Чорнобильської катастрофи значні площі сільськогосподарських угідь (347 тис.га) та лісів (459 тис.га) забруднені радіоактивними елементами, що значно ускладнило екологічну ситуацію, створило небезпеку для здоров'я людей.

#### 1.2.2. Характеристика основних чинників формування гідрологічного режиму

Основними господарськими чинниками, які впливають на формування гідрологічного-гідрохімічного режиму природних вод Житомирського Полісся є викиди забруднюючих речовин в атмосферу, відбір поверхневих вод для промислових та комунальних потреб, скидання стічних вод, використання добрив, засобів захисту рослин у сільському господарстві, хімічних меліорантів (вапнування), меліорація перезволожених земель, зміна структури використання земель на водозбірних територіях, селітебне та транспортне навантаження. Структура забруднювачів навколишнього середовища за видами господарської діяльності станом на 2010 р. виглядає таким чином (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

**Підприємства, забруднювачі навколишнього природного середовища [8]**

Види економічної діяльності	Кількість підприємств, од	
	загальна	екологічно-небезпечних
1	2	3
Усі види економічної діяльності у тому числі:	915	364
Сільське господарство, мисливство, лісове господарство (включаючи худобу)	211	10
Промисловість	323	132
Будівництво	39	14
Оптова та роздрібна торгівля; торгівля транспортними засобами; послуги ремонту	153	151
Діяльність готелів та ресторанів	2	-
Діяльність транспорту та зв'язку	28	8
Фінансова діяльність	7	
Операції з нерухомістю, здавання під найм та послуги юридичним особам	9	-
Державне управління	34	34
Освіта	46	-
Охорона здоров'я та соціальна допомога	40	-
Колективні, громадські та особисті послуги	23	15

Найбільш небезпечними для водних об'єктів є підприємства, які здійснюють прямі викиди забруднювальних речовин у атмосферне повітря та безпосередньо у водні об'єкти шляхом відведення стічних вод. Їх перелік представлено у Додатку Б.

Загальна кількість забруднювальних речовин, яка надходить з підприємств області в атмосферне повітря з розрахунку на 1 км<sup>2</sup> річкового водозбору становить майже 3 тони різних пило- та газоподібних речовин на рік. В 2010 р. загальний обсяг викидів від пересувних та стаціонарних джерел досяг величини 87,5 тис.т. Левова частка цієї кількості належить пересувним - джерелам 69,1 тис. т, з них частка автомобільного транспорту становить 64,6 тис.т.. Слід звернути увагу на те, що обсяги викидів забруднювальних речовин

від автомобільного транспорту зростають найбільш динамічно і оцінюються величиною 5% на рік.

Серед галузей промисловості найбільше забруднюють повітря підприємства харчової, машинобудівної та промисловості будівельних матеріалів.

В останні роки помітним джерелом забруднення поверхневих вод стала розробка нерудних родовищ корисних копалин [9]. Збільшення антропогенного впливу на водні джерела та ландшафти водозбірних територій призвело до порушення умов формування стоку і гідрологічного режиму, зниження самовідновної спроможності водних ресурсів [10].

При руйнуванні твердої скельної породи вибуховим способом в атмосферу потрапляє значна кількість пилу та газів. Заряд вибухової речовини досягає 800 – 1200 т, а кількість зруйнованої породи досягає 6 млн. т за один масовий вибух на кар'єрі. При цьому викидається в атмосферу 150-200 т пилу і 6000-8000 м<sup>3</sup> шкідливих газів [4]. Пилогазова хмара піднімається на висоту 150-250 м, а потім поширюється за напрямком вітру на значні відстані. Її об'єм може досягати 15-20 млн. м<sup>3</sup>, концентрація пилу залежно від різних причин змінюється від 680 до 4250 мг/м<sup>3</sup>, а питома пилоутворення складає 0,043-0,254 кг пилу на 1 кг вибухової речовини (ВР). Зі збільшенням питомої витрати ВР в два рази питома пиловидалення збільшується в шість разів [11].

Практично всі продукти вибуху (оксиди нітрогену, сульфур і т.п.) розчинні у воді та здатні вступати з нею в реакцію з утворенням при цьому відповідних кислот і солей. Крім цього, руйнування скельних порід спричиняє вимивання ґрунтовими водами розчинних мінералів та сполук, які містяться в покладах корисних копалин [12].

Аналіз даних свідчать про те, що найбільш характерними забруднювачами ґрунтових та поверхневих вод після проведення масового вибуху є сполуки нітрогену (нітрити, нітрати, сольовий амоній), які є продуктами розкладу

вибухових речовин; сульфати, іони магнію та кальцію як результат вимивання хімічних речовин зі зруйнованої породи та пов'язані з ними значення твердості, лужності і рН води.

На жаль, це джерело забруднення поверхневих вод вивчається зараз лише на експериментальному рівні, тому регіональні узагальнення з урахуванням його внеску не можуть бути виконані.

Внаслідок забруднення природних вод різними хімічними речовинами, які надходять з атмосфери шляхом сухого, або вологого осадження, в першу чергу кислотоутворюючими сполуками сірки та азоту, може значно підвищитись їх кислотність, що може призвести до порушення рівноваги гідролого-гідрохімічного режиму.

Характер водоспоживання та водовідведення є також одним із головних чинників формування сучасного гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод, адже забір води з річки – це свого роду зменшення її витрат води, тобто зменшення об'єму води, яка приймає участь у розчиненні солей, що надходять у річку зі стічними водами.

Структура загального водовідведення представлена на рис.1.7. Він показує, що найбільша кількість використаних вод (66%) повертається у річкову мережу підприємствами сільського господарства, на другому місці (24%) – підприємства комунального господарства, на третьому (10%) – промисловість (рис.1.7)

У 2010 році 125 суб'єктів господарювання здійснювали скиди у поверхневі водні об'єкти. За результатами аналітичного контролю протягом 2010 року визначено 30 підприємств, які скинули зворотні води у поверхневі водні об'єкти з перевищенням встановлених нормативів ГДС, з них 18 – підприємств житлово-комунального господарства, які скидають 73,5% недостатньо-очищених зворотних вод [8]. Структуру забору та відведення вод представлено в табл. 1.3.

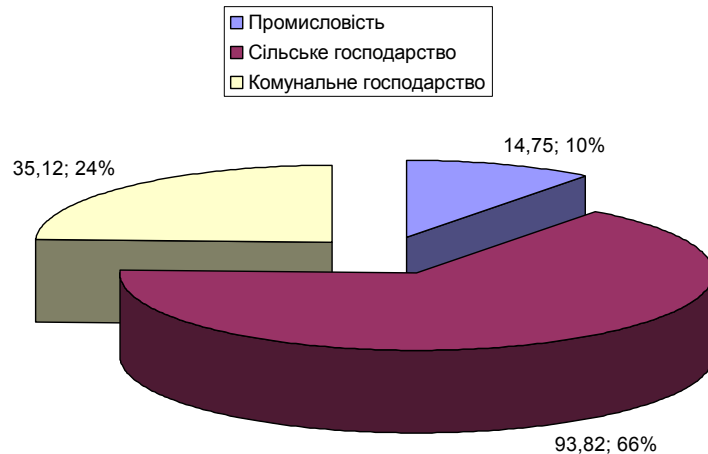


Рис. 1.7 Структура загального водовідведення (2010 р.)

Спеціальні дослідження показали, що вплив стічних вод уже буде відчутним до хімічного складу води річки, коли, наприклад, при витраті менше 200 л/с буде скинуто 1,0 л/с стічних вод, або що є рівноцінним, при витраті води річки менше 400 м<sup>3</sup>/добу буде скидатись 2,0 м<sup>3</sup>/добу стічних вод і т.д. При цьому за рівних інших умов найбільш суттєві зміни відбуваються між зв'язками іонів Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> і витратами води за рахунок значних концентрацій цих іонів у стічних водах, тобто вплив стічних вод на хімічний склад води річки буде спостерігатись при співвідношенні витрат води річки і стічних вод меншому 200:1 [13].

Співставлення витрати води річки (Q) з об'ємом стічних вод (q) і об'ємом води, що забирається (q'), а потім разом з об'ємом стічної води і води, яка забирається (q+q'), показує, що найменшими значеннями характеризується  $Q/q+q'$ , тобто забір води із річки являє собою свого роду “добавку” до стічних вод (табл. 1.4).

Таблиця 1.3

## Динаміка водокористування [16]

Показники	Одиниця виміру	2008 рік	2009 рік	2010 рік
1	2	5	6	6
<b>Забрано води з природних джерел, усього</b>	млн. м <sup>3</sup>	209,7	198,7	202,8
у тому числі:				
Поверхневої	млн. м <sup>3</sup>	186,69	176,24	182,22
Підземної	млн. м <sup>3</sup>	23,01	22,46	20,58
Забрано води з природних джерел у розрахунку на одну особу	м <sup>3</sup>	162,05	154,53	158,56
<b>Використано свіжої води, усього</b>	млн. м <sup>3</sup>	165,8	150,2	158,8
у тому числі на потреби:				
господарсько-питні	млн. м <sup>3</sup>	29,28	27,74	27,26
виробничі	млн. м <sup>3</sup>	51,82	45,70	49,41
сільськогосподарські	млн. м <sup>3</sup>	6,31	5,68	4,265
Зрошення	млн. м <sup>3</sup>	-	-	-
Використано свіжої води у розрахунку на одну особу	м <sup>3</sup>	128,13	116,82	124,16
Втрачено води при транспортуванні	млн. м <sup>3</sup>	18,38	20,16	14,25
	% до забраної води	8,76	10,1	7,03
<b>Скинуто зворотних вод, усього</b>	млн. м <sup>3</sup>	155,7	148,2	155,2
у тому числі:				
у накопичувачі	млн. м <sup>3</sup>			
на поля фільтрації	млн. м <sup>3</sup>	5,032	4,4	3,693
у поверхневій водній об'єкти	млн. м <sup>3</sup>	150,7	143,8	151,5
<b>Скинуто зворотних вод у поверхневій водній об'єкти,</b>				
<b>Усього</b>	млн. м <sup>3</sup>	150,7	143,8	151,5
нормативно очищених, усього	млн. м <sup>3</sup>	37,0	34,42	33,27
нормативно (умовно) чистих без очищення	млн. м <sup>3</sup>	106,3	103,5	112,3
забруднених, усього	млн. м <sup>3</sup>	7,44	5,87	5,97
у тому числі:				
недостатньо очищених	млн. м <sup>3</sup>	6,88	5,602	5,93
без очищення	млн. м <sup>3</sup>	0,56	0,268	0,04
Скинуто зворотних вод у поверхневій водній об'єкти у розрахунку на одну особу	м <sup>3</sup>	116,46	111,84	118,45

Таблиця 1.4

**Співвідношення витрат води річки (Q), об'єму стічної води (q), води, що відбирається з річки (q'), [14].**

Річка-пункт	Q/q	Q'/q'	Q/q+q'
Уборть-с. Перга	284	300	146
Уж – м. Коростень	95	19	16
Тетерів–м. Житомир	29	11	8
Уж – смт. Поліське	106	180	67

Поряд з викидами шкідливих речовин в атмосферу в результаті господарської діяльності людини відбувається скидання стічних вод і разом з ними забруднюючих речовин у річки, озера та інші водні об'єкти.

Стічна вода, за “Водним кодексом України” (1995) – це вода, що утворилась у процесі господарсько-побутової та виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної та дренажної води), а також відведена із забудованої території, на якій така вода утворилася внаслідок випадання атмосферних опадів [15].

У Додатку В показана структура скидів стічних вод різного ступеня очищення та забруднення, які скидалися у Житомирській області з 1990 р. по 2012 р.

Дані водогосподарського обліку свідчать, що з 1990 р. відбувалося щорічне зменшення антропогенного навантаження на річкові системи через стабільне зменшення загальної кількості стічних вод, які відводилися у річки. Це навантаження зменшилося приблизно втричі: з 180 млн м<sup>3</sup> в 1990 р. до 60 млн.м<sup>3</sup> в 2002 р. (рис. 1.8).



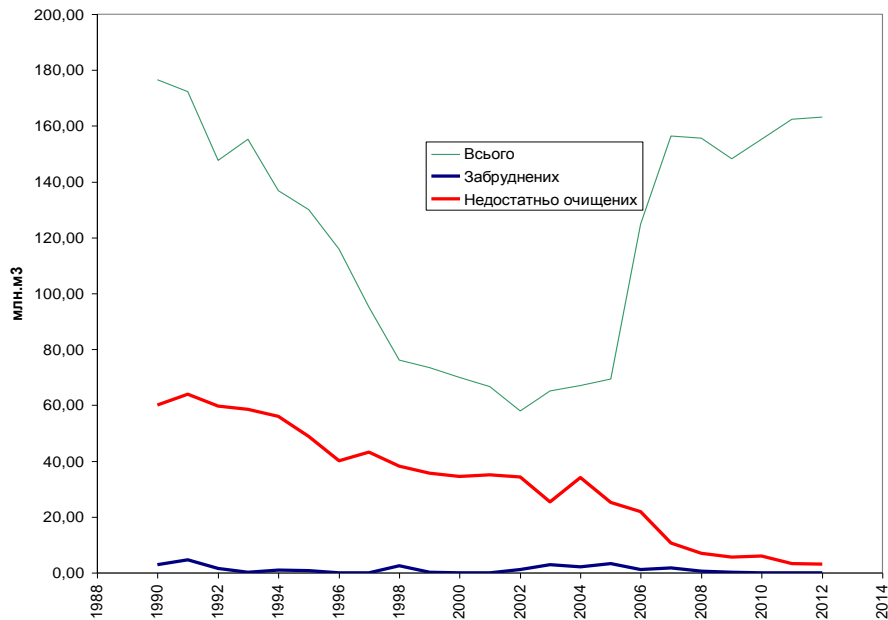


Рис. 1.8 Динаміка скидів різних категорій стічних вод у поверхневі води

В цей же період зменшувалася і кількість скидів недостатньо очищених стічних вод у водні об'єкти. Вона зменшилася з 60 млн.м<sup>3</sup> у 1990 р. до 35 млн.м<sup>3</sup> у 2002 р. Починаючи з 2003 р. тенденція в зміні скидів стічних вод різко змінилася: загальна кількість стічних вод знову почала зростати, досягши у 2012 р. величини 160,7 млн м<sup>3</sup>.

Щодо недостатньо очищених стічних вод, то їх кількість продовжувала зменшуватися і в 2012 р. досягла рекордно низької величини 3,13 млн м<sup>3</sup>.

Кількість неочищених стічних вод за весь період теж зменшувалась і досягла в 2012 р. величини 0,01 млн м<sup>3</sup> [16].

Зростання загального обсягу скидів стічних вод в останні роки відбувається за рахунок нормативно-чистих стічних вод, які відводяться, головним чином, з гірничодобувних підприємств без очистки (рис.1.7.).

Забруднення річок Житомирського Полісся, як правило, починається в середніх і нижніх течіях, в межах найбільших міст та головних об'єктів господарської діяльності.

Найбільшу кількість стічних вод, а з ними й шкідливих речовин отримує Тетерів – головна водна артерія області (рис.1.9). На її берегах розташований обласний центр, комунальні господарства та виробництва якого споживають переважну частину води, що забирається з річки, а потім і відводять до неї свої стічні води. Зокрема, забруднюючі речовини надходять зі стічними водами Житомирського УВКГ, Романівського склозаводу, СП “Звірогосподарство” та комбінату “Рекорд”.

В 2010 році загальний обсяг скидів становив 143,8 млн.м<sup>3</sup>, із них: 103,5 млн.м<sup>3</sup> нормативно-чистих без очистки, 34,42 млн.м<sup>3</sup> нормативно очищених та 5,87 млн.м<sup>3</sup> забруднених без очистки і недостатньо очищених зворотних вод.

На очисних спорудах пройшли очистку 40,02 млн.м<sup>3</sup> стічних вод, що на 3,86 млн.м<sup>3</sup> менше ніж у попередньому році. Це відбулось, в основному, за рахунок зменшення об’єму стічних вод підприємствами: ВАТ «Малинська паперова фабрика-Вайдманн» на 1,36 млн.м<sup>3</sup>, КП „Житомирводоканал” на 1,13 млн.м<sup>3</sup>, ЗАТ ”КЕС” м.Бердичів на 0,47 млн.м<sup>3</sup>, Фабрика банкнотного паперу м.Малин на 0,30 млн.м<sup>3</sup>, Коростенське КП „Водоканал” на 0,26 млн.м<sup>3</sup> [16].

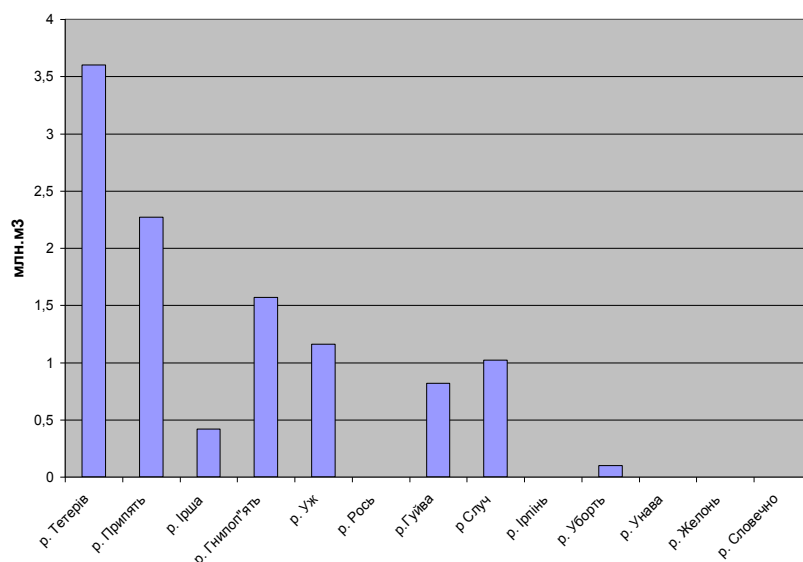


Рис. 1.9 Розподіл забруднених стічних вод по річкових басейнах

Протягом 2010 року спостерігається погіршення якості очистки зворотних вод по підприємствах:

- Іршанський ДКП – надалі продовжується забруднення біоставків підприємства дренажними водами від хвостосховища №1 Іршанського ГЗК, в результаті чого комунальне підприємство скинуло у р.Ірша 278,3 тис.м<sup>3</sup> недостатньо-очищених зворотних вод з перевищенням нормативу ГДС по залізу у 35 раз, азоту амонійному у 2,8 рази.

Реконструкція очисних споруд Іршанського ДКП протягом 2010 року не проводилась через відсутність фінансування. Для покращення роботи очисних споруд підприємства необхідно виключити із схеми очистки біоставки [16].

- Володарськ-Волинське ЖКП- причиною незадовільної роботи очисних споруд є нестабільний економічний стан підприємства. Внаслідок цього, у 2010 році скинуто в р.Ірша (ліва притока р.Тетерів) 63,3 тис.м<sup>3</sup> зворотних вод з перевищенням нормативу ГДС по азоту амонійному у 19,5 раз, фосфатах у 5,6 рази, залізу у 1,8 рази;

- КП „Житлово-комунальних послуг” Ємільчинської селищної ради - реконструкцію очисних споруд, розпочату у 2003 році, не завершено. У 2010 році скинуто в р.Уборть 41,9 тис.м<sup>3</sup> недостатньо-очищених зворотних вод з перевищенням нормативу ГДС по азоту амонійному в 1,7 рази.

- продовжує викликати занепокоєння стан очисних споруд м.Коростеня (ОСК-1), які протягом 2010 року працювали на межі перевантаження, при проектній потужності 10 тис.м<sup>3</sup>/добу поступає 9,6 тис.м<sup>3</sup>/добу стічних вод (рис.1.10)



Рис. 1.10 Очисні споруди Коростенського КП «Водоканал»

У зв'язку з повним фізичним зносом технологічного обладнання на старих очисних спорудах (ОСК-3) 457,8 тис.м<sup>3</sup> стоків майже без очистки скинуто у р.Уж. Ситуація потребує виведення цих споруд з експлуатації та проведення робіт по переключенню каналізаційного колектора на ОСК-1. Тому будівництво другої черги комплексу №1 з доведенням потужності до 25 тис.м<sup>3</sup>/добу, яке було зупинено у 1995 році за відсутністю фінансування, є невідкладним питанням.

За рахунок спрацювання технологічного обладнання по Олевському орендному підприємству теплових мереж, Любарському КП ЖКГ, ДКП „ВЖРЕП” с. Висока Піч, КП „Фаянсовик” с. Кам’яний Брід та БУ №3 Житомирської КЕЧ р-ну смт. Озерне ефективність роботи очисних споруд низька.

Скидання стічних вод – це не просто надходження у водні об’єкти забруднених водних мас, це поява в природних водах значної додаткової кількості органічних, завислих і розчинених речовин [15].

Таблиця 1.5

**Надходження забруднюючих речовин у поверхневі водні об'єкти, тонн на рік [16].**

<i>Водний об'єкт</i>	<i>Разом</i>	Скидання забруднюючих речовин						
		<i>В тому числі</i>						
		<i>БСК</i>	<i>ХСК</i>	<i>Завислі речовини</i>	<i>N мін.</i>	<i>P мін.</i>	<i>Мінералізація</i>	<i>Нафтопродукти</i>
Басейн р.Дніпро (разом по області)	14562,3	473	1718	252	95	152,6	11870	1,69
В тому числі:								
Басейн р.Тетерів	12109,7	379	1371	205	78	135	9940	1,69
Басейн р.Прип'ять	2455,5	94	347	46	17	17,53	1934	-
Басейн р.Ірша	1048,9	14	79	16	4	1,915	934	0,03
Басейн р.Гнилоп'ять	1761,0	40	214	29	7	0,063	1471	-
Басейн р.Уж	1430	51	213	26	12	11,25	1117	-
Басейн р.Рось	-	-	-	-	-	-	-	-
Басейн р.Гуйва	609,8	35	-	12	20	6,82	536	-
Басейн р.Случ	953	41	128	19	5	6,275	754	-
Басейн р.Ірпінь	-	-	-	-	-	-	-	-
Басейн р.Уборть	61	2	6	1	-	-	52	-
Басейн р.Унава	-	-	-	-	-	-	-	-
Басейн р.Желонь	12	1	-	-	-	0,01	11	-

Для оцінки антропогенного навантаження водних об'єктів стічними водами нами було розраховано кількісні характеристики надходження характерних для стічних вод хімічних речовин. Для цього було використано дані Державного управління екології та природних ресурсів в Житомирській області щодо кількісних показників водовідведення в басейнах основних річок та їх якісні характеристики за даними спостережень у 2010 р. [16]. Розраховані дані представлені в таблиці 1.5.

Для кращого розуміння ситуації варто розглянути окремо різні групи забруднювальних речовин. На рис.1.11 представлено навантаження річок регіону органічними речовинами, розрахованими непрямым методом, тобто за значеннями біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) – легкоокислювані органічні речовини та за величинами хімічного споживання кисню (ХСК) – загальна кількість органічних речовин. Як видно з рисунка найбільше органічних речовин (1371 тис.т) надходить у Тетерів, помітна кількість скидається в р.Гнилопять, річки басейну Прип'яті, Случ та Уж. Співвідношення між різними групами речовин становить приблизно 1:4.

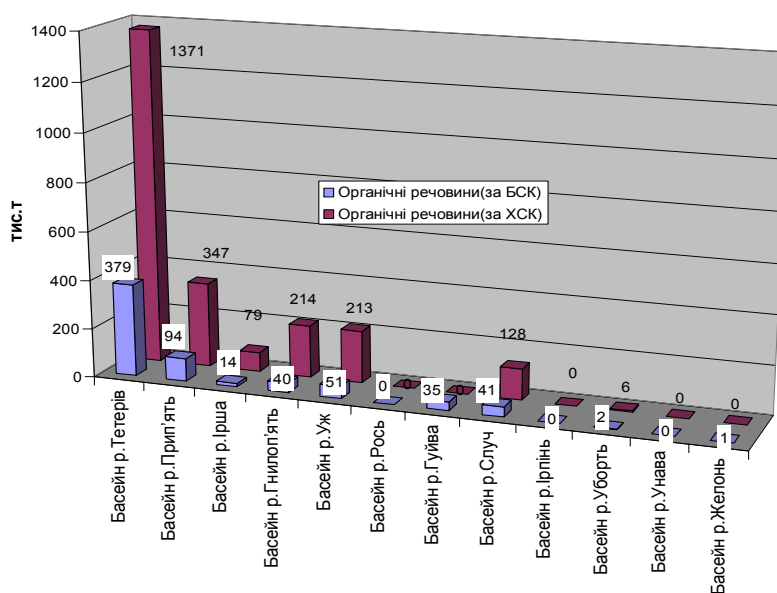


Рис. 1.11 Надходження органічних речовин зі стічними водами у річки

Далі розглянемо надходження біогенних речовин – мінеральних форм азоту та фосфору, яку є регуляторами евтрофікації водних об'єктів (рис.1.12).

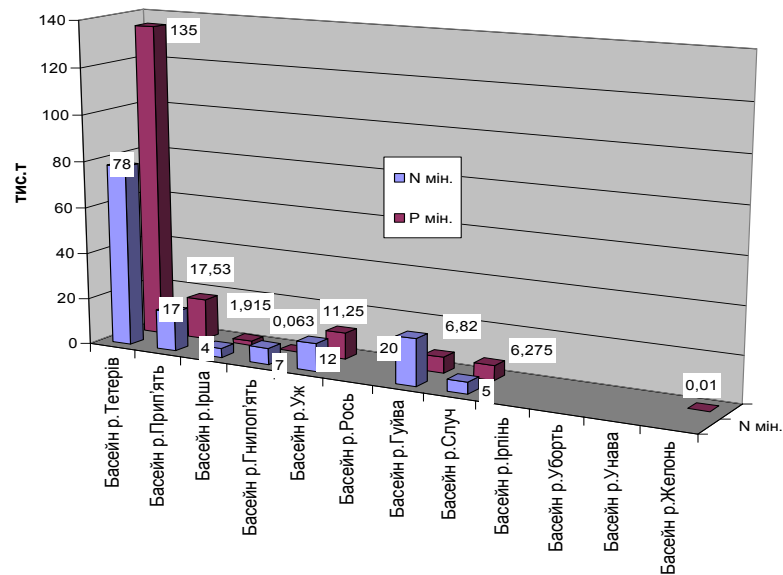


Рис. 1.12 Надходження біогенних речовин (мінеральних форм азоту та фосфору)

Цей рисунок теж свідчить, що найбільше навантаження біогенними речовинами витримує басейн Тетерева. Інші басейни мають менше навантаження цими речовинами.

Що стосується мінеральних речовин, які розчинені у воді, то ситуація виглядає таким чином (рис.1.13).

Знову ж таки найбільш навантажений скидами мінеральних речовин є басейн р.Тетерів, інші басейни мають порівнянно невелике навантаження. В усіх трьох випадках велике навантаження басейну р.Тетерів забруднювальним речовинами пов'язане з впливом великого міста – Житомира.

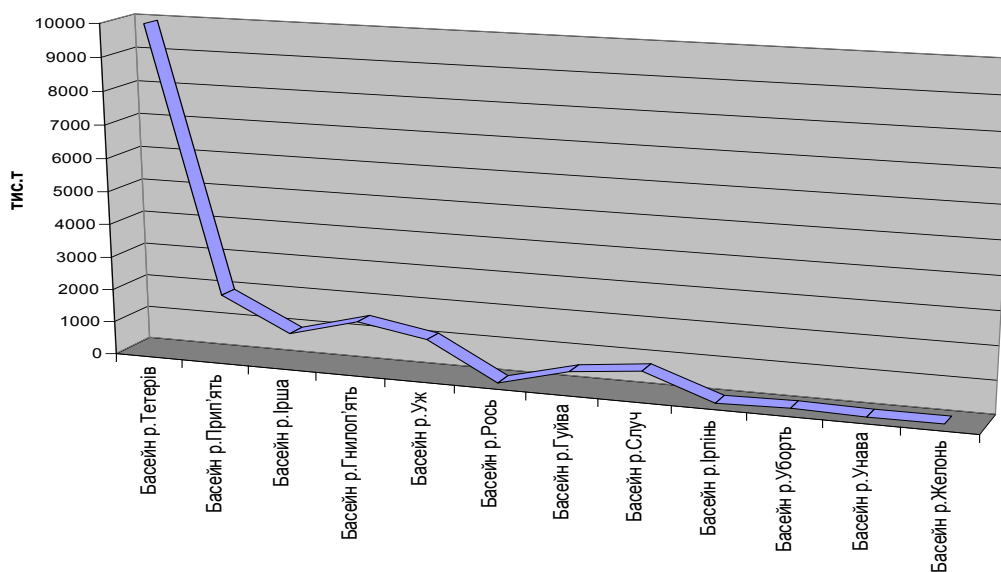


Рис. 1.13 Надходженн мінеральних речовин зі стічними водами у річки

Серед інших підприємств, які здійснюють помітні скиди усіх трьох груп забруднювальних речовин слід назвати наступні:

1. ЗАТ „КЕС” м.Бердичів – причиною є нестабільний економічний стан підприємства та відключення від електроенергії, що призвело порушення технологічного режиму повної біологічної очистки стічних вод міста і забруднення р.Гнилоп'ять недостатньо-очищеними стічними водами в кількості 1525,8 тис. м<sup>3</sup> з перевищенням нормативів ГДС по азоту амонійному у 1,5 рази;

2. ВАТ „Пиво-безалкогольний комбінат „Радомишль”- у 2010 році побудовані нові споруди механічної очистки, які потребують додаткової наладки технологічного процесу. Так, протягом 2010 року у р.Мика скинуто 159,6 тис.м<sup>3</sup> недостатньо-очищених стічних вод з перевищенням нормативів ГДС по залізу в 4,1 рази та ХСК в 1,3 рази;

3. ТОВ „Корал” Довбиський фарфоровий завод» - в результаті порушення режиму експлуатації очисних споруд підприємство скинуло в



р.Немилянка 84,0 тис.м<sup>3</sup> недостатньо-очищених стічних вод з перевищення нормативів ГДС по азоту амонійному в 1,9 рази;

4. КП „Пролісок” Новоівницької сільради - очисні споруди каналізації, які прийняті у 2010 році на баланс від військової частини потребують реконструкції. Внаслідок чого в р.Ів'янка скинуто 83,7 тис.м<sup>3</sup> недостатньо-очищених стічних вод з перевищенням нормативів ГДС по фосфатах в 14,7 рази та залізу в 3,7 рази;

5. Новоборівське ДЖКП – очисні споруди каналізації потребують негайної реконструкції. Протягом року скинуто в р.Ірша 44,0 тис.м<sup>3</sup> недостатньо-очищених стічних вод з перевищенням нормативів ГДС по фосфатах в 68,8 рази, азоту амонійному в 15,5 рази, завислих речовинах в 1,4 рази.

6. ТОВ „Бердичівська фабрика морозива”- каналізаційний колектор через який стоки підприємства повинні надходити в комунальну каналізаційну мережу потребує реконструкції, в результаті чого це призвело до скиду неочищених стоків в р.Гнилоп'ять в об'ємі 28,8 тис.м<sup>3</sup>.

7. КП „Черняхів-Добробут” - очисні споруди каналізації експлуатуються з порушенням технологічного режиму, в результаті підприємство скинуло в р.Очеретянка 27,6 тис.м<sup>3</sup> недостатньо-очищених стічних вод з перевищенням нормативів ГДС по азоту амонійному в 18,8 рази, фосфатів в 2,5 рази.

Завдяки проведеним заходам по досягненню нормативів ГДС протягом 2010 року із переліку підприємств, які скидали зворотні води з порушенням нормативів гранично-допустимого скиду, вибуло 2 підприємства, а саме: ВАТ „Бердичівський машинобудівний завод „Прогрес” та ДП „Коростишівський спиртовий комбінат” ділянка №1 м.Коростишів.

Нижче за течією річка забруднюється каналізацією Коростишева та стоками комунального господарства і льонозаводу Радомишля.

Забруднюється найбільша притока Тетерева – Гнилоп'ять. Брудні стоки, що містять жири, азотовмісні сполуки і фосфор надходять до неї з стічними водами Бердичівського шкіроб'єднання та комунального господарства м. Бердичів. В нижній течії іншої великої притоки – Гуйви на околиці смт Озерне брудні стоки потрапляють з військової частини А - 0607.

Гуйва та Гнилоп'ять впадають в Тетерів поблизу м. Житомир. Внаслідок впливу стічних вод кількох підприємств одразу річка не в змозі достатньо самоочиститися, а тому тут слід очікувати підвищений рівень забрудненості.

Друга за значенням і розмірами річка Житомирщини Случ теж зазнає суттєвого впливу стічних вод різноманітних виробничих та комунальних підприємств. У верхній течії р. Случ це - Любарське МВУЖКГ, далі – Баранівський льонозавод, Новоград-Волинське комунальне господарство та Городницький фарфоровий завод.

Головними забруднювальними речовинами річки Уж є сполуки амонію і фосфатів, які містяться в значних концентраціях у стічних водах Коростенського ВУВКГ. Ліва притока Ужа – р. Норин забруднена стоками Овруцького МВУЖКГ.

У верхній течії річки Уборть забруднені стічні води скидає Ємільчинське МВУЖКГ.

Стічні води Бердичівського ВУВКГ різноманітні за своїм складом і кількістю забруднюючих речовин. Головними з них є іони амонію та фосфор.

Серед забруднюючих речовин Бердичівського шкіроб'єднання переважають іони амонію, жири, зважені і органічні речовини, хлорид-іони та фосфор. Їх максимальний вміст у стічних водах підприємств спостерігається у 1989, 1991-1992 рр. Надалі спостерігається тенденція до зменшення.

Структура скидів Житомирського ВУВКГ вирізняється вмістом іонів амонію. Кількість їх плавно зростає з 1989 по 1992 р., надалі різко зменшується. Така ж тенденція спостерігається щодо фосфору. Також в

значній мірі тут присутні органічні речовини, хлорид- і сульфат- іони, зважені речовини та залізо.

Головними забруднюючими речовинами, що містяться у скидах Коростенського комунального господарства є іони амонію, фосфор загальний і фосфати.

В структурі стічних вод Коростишівського ДКП “Водоканал” головними забруднюючими речовинами є іони амонію та фосфор.

Овруцьке МВУЖКГ найбільше скидає органічних речовин (за ХСК) хлорид - та сульфат - іонів, зважених речовин та іонів амонію.

В стічних водах Новоград-Волинського комунального господарства переважають іони амонію. Подібна структура відведення забруднюючих речовин характерна і для інших підприємств досліджуваного регіону.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.

В першому розділі проаналізовано головні природні та антропогенні чинники, які здійснюють вплив на формування гідрологічного та гідрохімічного режиму річок. Серед природних чинників найбільший вплив мають кліматичні чинники, які регулюють співвідношення тепла і вологи, що надходить на водозбори річок, регулюючи таким чином кількісні характеристики їх водного стоку.

Головними чинниками антропогенного характеру є скидання стічних вод безпосередньо в річкову мережу та викиди забруднювальних речовин стаціонарними та пересувними джерелами забруднень в атмосферу. Звернено увагу на необхідність врахування такого чинника забруднення навколишнього середовища як розробка нерудних родовищ корисних копалин.

## РОЗДІЛ 2

### ХАРАКТЕРИСТИКА ГІДРОЛОГО - ГІДРОХІМІЧНОЇ ВИВЧЕНОСТІ РІЧОК, ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Гідролого-гідрохімічна вивченість території Житомирського Полісся

Житомирське Полісся, у порівнянні з іншими областями України, належить до регіону з низькою водозабезпеченістю. Площі, зайняті водними об'єктами, становлять всього 4,6% загальної території.

Житомирщина повністю розміщена в межах басейну р.Дніпра. Найбільша частина області належить басейну правої притоки Дніпра – р. Прип'ять (54%), в басейні р. Тетерів розміщено 38% її території, в басейні р.Ірпеня – 3,5%, в басейні р. Рось – 4,5%.

Водозабезпечення промислових підприємств і населення міста Житомира здійснюється з річки Тетерів, міста Бердичева - частково з річки Гнилоп'ять і частково з артезіанських свердловин, міста Коростеня - з річки Уж, міста Новоград-Волинського - з річки Случ, міста Малина - з річки Ірша. Водозабезпечення міст Овруча, Радомишля, Коростишева, Андрушівки, Баранівки, селищ міського типу Чуднів, Попільня, Любар, Ружин та інших населених пунктів і потреб сільськогосподарського виробництва здійснюється в основному з підземних джерел.

Дослідження кількісного та якісного стану водних ресурсів області є дуже актуальним на сьогоднішній день і буде залишатися таким у майбутньому.

Гідрологічні та гідрогеологічні дослідження проводились на території Житомирської області ще в XIX столітті видатними російськими та польськими вченими, зокрема П.А.Тутковським, С.З. Сагайдаковським,

І.Ф.Синцовим, В.Л.Личковим. Поштовхом до цих досліджень стало формування капіталістичного укладу господарства, розвиток промисловості та зростання міських поселень, що вимагало організації централізованого водозабезпечення новостворюваних підприємств та зростаючих міських поселень.

В 1860-х роках Житомир був третім за величиною містом України, В 1883 році тут мешкало 52 тисячі жителів, діяли десятки фабрик, складів, сотні магазинів. В місті налічувалося понад 9 тисяч будівель, все більше споруджувалося 2-3-поверхових житлових і виробничих приміщень. Все це диктувало нагальну потребу у централізованому забезпеченні міста водою, щоб покращити санітарно-епідеміологічну обстановку у місті.

До водних джерел ставилися вимоги не тільки щодо кількісних характеристик, а й щодо якісних. Тому дослідження хімічного складу поверхневих і підземних вод теж мали дуже важливе значення для вирішення принципів і важливих питань водопостачання. Вже в ті часи фахівці брали до уваги питання якості води. Так, наприклад, у 1880 році інженер-полковник Володимир Черепов, інженер-технолог Федір Донат та дійсний член імператорського Російського технічного товариства Іван Сирокомський, в обґрунтуванні будівництва водопроводу для міста підкреслюють, що вода р.Тетерів відмінної якості лише вище Житомира, в той же час вода р. Кам'янки, на берегах якої знаходяться кладовище, шкірзавод, лазні, пральні служить природним збірником стоків і нечистот. Отож, Тетерів в межах міста для використання як джерело чистої води став практично непридатним [17].

А у березні 1883 інженер-полковник Михайло Козлов писав: “Как житель города Житомира, живо интересующийся скорейшим осуществлением проекта городского водопровода, я обращаю внимание Городской управы на недостаточную доброкачественность воды р. Тетерева выше Павликовского острова, где предполагается действие водопровода (водоприемника).

Химический анализ этой воды, произведенный 31 мая 1881 года в лаборатории Киевского университета показал присутствие 6 неорганических веществ в пропорции, значительно превышающей предел, указываемый для сего санитарными нормами ” [17].

Вчені Київського університету Святого Володимира вже в ті часи проводили гідрохімічні дослідження в регіоні. Прикладом таких досліджень, результати яких збереглись, є монографія співробітника університету Ф.Ф.Кіркора (1907 р.) про хімічний склад води р. Рось у зв'язку із будівництвом цукрових заводів в Україні [18].

В довоєнний період якість води більшості річок області була задовільною. Навіть у самому Житомирі паралельно з діючим централізованим водопроводом частина жителів використовувала для пиття та щоденних побутових потреб річкову воду. Існували навіть послуги водовозів, які набирали чисту річкову воду на незабруднених ділянках Кам'янки і розвозили у ті райони міста, які не мали водопроводів.

На початку 1950-х років у Тетерів з його притоки Гнилоп'яті почали надходити дуже забруднені стоки Бердичівського шкірзаводу ім. Ілліча, якість води річки у місці міського водозабору різко погіршилась і не відповідала діючим санітарним нормам. Це змусило перенести водозабір вище по течії р, Тетерів – на 3 км вище впадіння р. Гнилоп'ять [17].

В післявоєнний період відновились робота академічних наукових закладів у Києві та інших містах, розпочалось вивчення гідрохімічних особливостей водних об'єктів України, зокрема й Житомирської області. Прикладом таких досліджень є робота А.Д. Коненко (1958) [19,20], у якій вперше узагальнені дані про вміст головних іонів та біогенних речовин у водних об'єктах нашої країни. Матеріали цієї монографії можна використовувати як характеристики відносного фоновому періоду, який передував періоду забруднення поверхневих вод.

В цей же час велися і гідрологічні дослідження, які стосувалися і водних об'єктів Житомирської області, зокрема гідрологічні розрахунки для річок цієї території були виконані К.А. Лисенко [21].

У 1960-1970 рр. Житомир перетворився у великий промисловий центр, зростали і інші міста області, розвивалась промисловість і збільшувались обсяги скидів стічних вод у річки. З цього часу і до початку 90-х років почав помітно збільшуватись вміст забруднювальних речовин у воді річок, погіршилась їх якість. Тому в цей період починає формуватися мережа контролю хімічного складу поверхневих вод, яка з 1970-х років набуває рис загальнодержавного моніторингу якості води і входить до мережі ОГСНК – загальнодержавної системи спостережень за якістю навколишнього середовища.

В 1970-х роках у Київському університеті під керівництвом В.І.Пелешенка та Д.В.Закревського розпочинаються систематичні гідрохімічні дослідження водних об'єктів України. В рамках цих досліджень були отримані унікальні дані щодо взаємозв'язку хімічного складу різних типів природних вод суші, вперше для території Житомирської області виконана кількісна оцінка хімічного складу атмосферних опадів, поверхневих вод, підземних вод у четвертинних відкладах і підземних вод у дочетвертинних відкладах зони активного водообміну, розроблена схема балансу головних іонів цієї зони [22]. Результати цих досліджень характеризують обмежений період часу (до 1970 р.) і можуть бути використані у подальших дослідженнях лише як база порівняння, або фоновий період.

В цей же час М.І.Ромасем проведено дослідження хімічного складу атмосферних опадів та визначено їх роль у формуванні хімічного складу поверхневих вод Житомирської області [23, 24].

На території Житомирського Полісся великого поширення набули починаючи з 1960 років осушувальні меліорації, їх вплив на водні ресурси

регіону та їх якість довгий час залишалися не вивченими. Саме тому Д.В.Закревський присвятив свої дослідження закономірностям поширення, накопичення та міграції хімічних компонентів у природних водах Прип'ятського Полісся в зв'язку з проведенням осушувальних меліорацій [14, 25-31].

Важливою особливістю цих досліджень було те, що вони виконувались безпосередньо на осушувальних системах у Житомирському Поліссі шляхом проведення експедиційних робіт.

У 1980-их роках гідрохіміками Київського університету, зокрема (Пелешенком В.І., Закревським Д.В., Хільчевським В.К., Горєвим Л.М., Савицьким В.М., Сніжком С.І., Осадчим В.І., Василенком В.П., Шевчук І.О.) вивчалися хімічні характеристики стоку основних річок України, зокрема було досліджено і кілька річок Житомирської області. Було оцінено гідрохімічний режим малих річок у природному стані та під впливом антропогенних чинників і побудовані спеціальні карти. Ці роботи проводились спільно з Українським філіалом Центрального науково-дослідного інституту комплексного використання водних ресурсів (УФ ЦНДІКВВР) згідно з планом Держкомітету по науці і техніці СРСР [14, 32].

У цілому гідролого-гідрохімічні дослідження цього періоду були досить розрізненими і не охоплювали всього спектру проблем в цілому. Об'єктивною причиною цього була порівняно невелика довжина рядів спостережень, особливо, гідрохімічних рядів по кожному пункту спостережень.

Слід зазначити, що в кінці 1980-х років все ж було зроблено спробу комплексного дослідження гідролого-гідрохімічних характеристик як водних ресурсів України в цілому, так і малих річок зокрема. Такі дослідження проведені колективом гідрологів і гідрохіміків під керівництвом Б.І. Стрільця [33] та А.В.Яцика [34].



В цей же час В.К.Хільчевським проводились регіональні гідрохімічні дослідження стосовно впливу агрохімзасобів на формування хімічного складу поверхневих вод [35, 36] С.І.Сніжком виконувались розрахунки стоку біогенних речовин [37, 38], а В.І.Осадчим - мікроелементів [39] з території басейну Дніпра, які стосувалися у значній мірі і досліджень на території Житомирської області.

Всі згадані вище дослідження зробили важливий внесок у пізнання природи Житомирського Полісся, зокрема його водних ресурсів. Проте в більшості цих досліджень водні ресурси краю не були предметом досліджень, окремі водні об'єкти даної території використовувалися для вичерпної характеристики зовсім інших предметів наукового пізнання, наприклад важких металів, чи біогенних елементів, чи гідрохімічного режиму осушувальних територій.

Першою спробою цілісного дослідження гідролого-гідрохімічних особливостей водних об'єктів Житомирської області (річок і боліт) стало дослідження, яке було виконане в кінці 90-х років минулого століття гідрохіміками Київського університету за замовленням Державного управління екології та природних ресурсів у Житомирській області під керівництвом С.І.Сніжка. Зокрема, було розроблено науково-методичні основи гідрохімічних досліджень водно-болотних екосистем [40,41], досліджено багаторічні особливості гідрохімічного режиму річок Житомирщини та виявлено його основні тенденції [42,43] , виконано оцінку та картографування якості води річок [44].

Результати цих досліджень опубліковано пізніше у вигляді колективної монографії за редакцією С.І.Сніжка та О.О.Орлова [13].

Під час виконання цієї роботи вперше для території Житомирської області була створена єдина база даних гідролого-гідрохімічного,

радіоекологічного [45] та радіогеохімічного моніторингу водних об'єктів Орлов О.О. [46].

І.М. Ромасем була виконана оцінка гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок басейну Дніпра [47], у якій зокрема було проаналізовано і деякі річки Житомирського Полісся. Виявлено, що на річках Уборть, Уж, Тетерів, Гнилоп'ять, Ірпінь, водозбори яких знаходяться у межах гідрологічної області Українського щита, найменші витрати влітку формуються переважно у серпні і, зазвичай, є меншими, ніж у зимову межень, де мінімальні витрати спостерігаються вже у грудні. Цікаво зазначити, що для р. Тетерів (м. Житомир) мінімальні витрати 95 % забезпеченості протягом усього меженного періоду, з червня по лютий, змінюються мало – від 0,40 до 0,50 м<sup>3</sup>/с, що пояснюється значною зарегульованістю цієї річки – на ній створено кілька водосховищ та близько 230 ставків. Встановлено, що найменші витрати води, як середньомісячні так і мінімальні середньодобові, у меженний період, з червня по лютий, формуються на річках Полісся переважно у серпні-вересні, тобто у ці місяці спостерігаються найбільш несприятливі умови формування стоку, які потрібно враховувати при проектуванні гідротехнічних та водозабірних споруд на річках, при плануванні та управлінні водним господарством.

Автором відзначається, що за останні три десятиріччя відбулася досить помітна трансформація хімічного складу води річок у літню межень, що пояснюється переважно впливом антропогенних чинників. При менших витратах, тобто 95-50 % забезпеченості, виявляється помічена тенденція до збільшення вмісту головних іонів та мінералізації в 1,1-1,5 рази при мінімальних витратах води у річках.

Системний аналіз регіональної гідрохімічної макросистеми Житомирського Полісся виконав С.І.Сніжко [48]. Завдяки системному підходу, автору вдалося вперше оцінити вплив природних і антропогенних чинників не

тільки на формування сезонної та багаторічної динаміки хімічного складу води річок, а ще і виявити генетичну структуру регіональної гідрохімічної системи Житомирського Полісся, що дозволило розробити рекомендації щодо покращення якості води та підвищення ефективності гідро екологічного моніторингу.

Вплив антропогенних факторів на екологічний стан річки Тетерів та екологічну оцінку якості води в р. Тетерів за інтегральними показниками здійснили співробітники Національного аграрного університету (м. Київ) М.О.Слободенюк та В.В.Підліснюк [49, 50].

В останні роки активізувалися дослідження хімічного складу річкових вод Житомирщини у Житомирському національному агроекологічному університеті.

Так, в роботі Т. М. Коткової, В. І. Коткова та Г. О. Селезньової розглянуто питання забруднення сполуками азоту річок Лугинського району Житомирської області [51].

В роботі Т.М. Коткової і Г.О. Селезньової [52] наведено динаміку біологічного та хімічного споживання кисню в р. Жерев та її основних притоках, починаючи з 1988 та закінчуючи 2009 роками. Проведено аналіз цих показників по інших річках району: Конявка, Повчанка, Крем'янка та Дивлінка, що є притоками р. Жерев.

Т. М. Мислива та І. С. Кот займаються дослідженнями важких металів у водах малих річок і боліт Житомирського Полісся. Ними досліджено [53] особливості міграції й акумуляції Cu, Pb, Cd, Zn, Fe, Mn, Co, Ni у водах малих річок і боліт на території Житомирського Полісся. Встановлено, що вода досліджуваних поверхневих водних об'єктів вміщує надмірні кількості Fe (1,5–12,3ГДК), Mn (1,2–6,8 ГДК) та біогенних елементів через вплив антропогенезу.

А.О.Піціль [54] займається питаннями формування талого та дощового поверхневого стоку з території м. Житомира.

Слід відмітити, що дослідження цих вчених базуються на оригінальних результатах власних натурних та лабораторних досліджень.

Однією з останніх робіт узагальнюючого характеру, яка стосується й водних об'єктів Житомирської області є «Гідрохімічний довідник», який підготовлено фахівцями Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту під керівництвом В.І.Осадчого [55]. У роботі можна знайти дані про середні річні концентрації різних компонентів хімічного складу води деяких річок Житомирської області (Уборть, Уж, Тетерів, Гнилоп'ять) за період з 1995 по 2006 рр.

Таким чином, проведений огляд літературних джерел характеризує найбільш помітні за тривалий історичний період (з ХІХ століття до наших днів) дослідження гідрологічних та гідрохімічних аспектів водних ресурсів Житомирської області. Розвиток наукових уявлень про гідрологію та гідрохімію регіону відбувався еволюційним шляхом від вирішення невеличких і розрізнених практичних задач водопостачання та водовідведення до реалізації регіональних дослідницьких проектів із системною постановкою задач.

Однак сучасний стан забезпеченості області водними ресурсами та постійне погіршення їх якості вимагає подальшого продовження даних досліджень, особливо з урахуванням кліматичних змін в регіоні Українського Полісся.

## 2.2. Характеристика мережі гідрологічних та гідрохімічних спостережень

В межах водозбірної території досліджуваних річок налічується 27 постів гідрологічних спостережень Державної гідрометеорологічної служби

України: з них 14 – діючих та 13 - закритих. Карта-схема розташування пунктів (постів) гідрологічних спостережень наведена на рис. 2.1.

Список усіх постів, розташованих на території дослідження, їх коди, відстань від гирла, площа водозбору, періоди спостережень за рівнями та витратами води надано у Додатку Г .

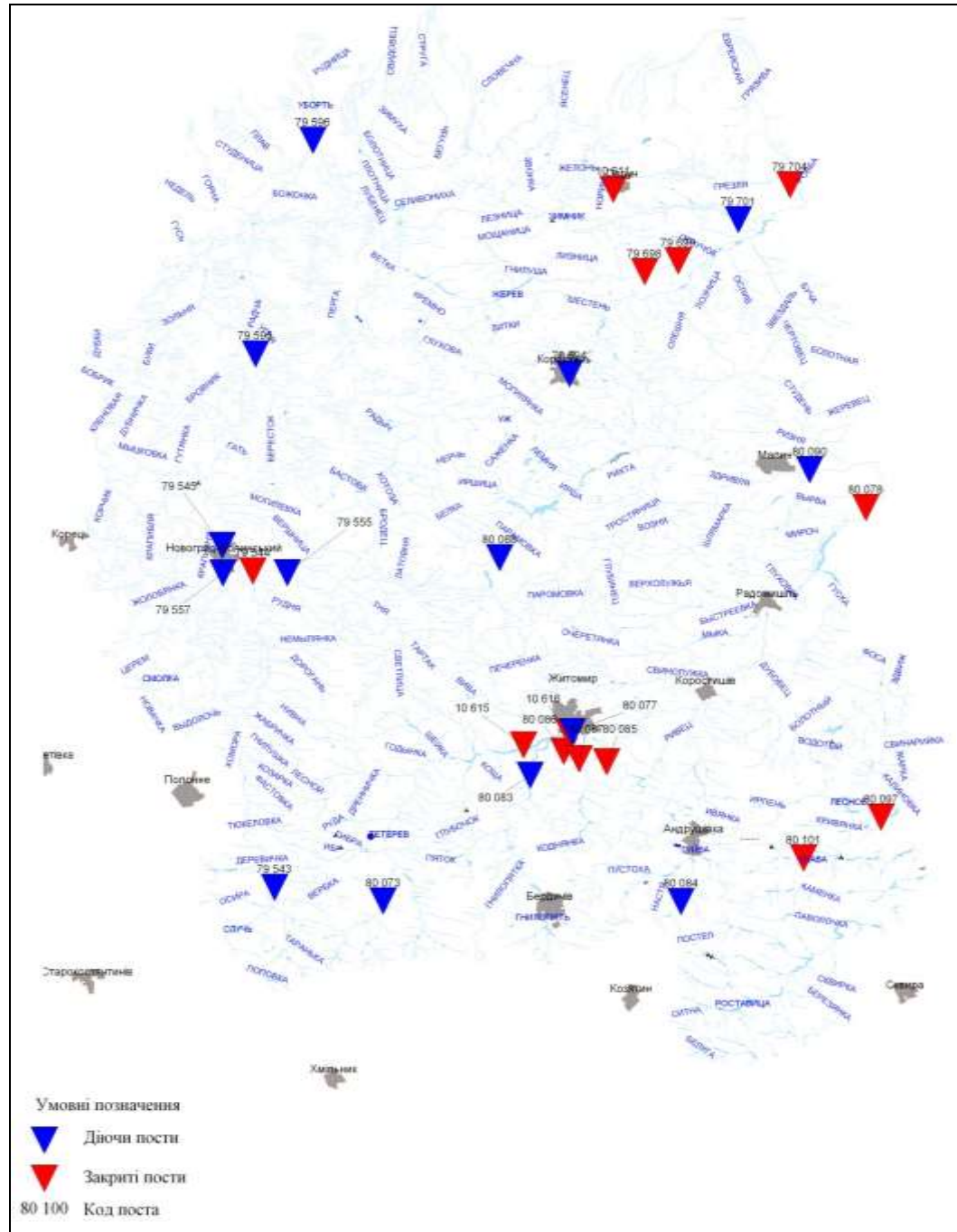


Рис. 2.1 Карта-схема розташування пунктів гідрологічних спостережень

Для проведення досліджень гідрохімічного режиму та якості води використано матеріали Гідрометеорологічної служби України та Державного управління екологічної безпеки у Житомирській області за період з 1989 р. по 2012 р. Ці дані представлені 45 показниками хімічного складу води (головні іони, біогенні речовини, важкі метали, органічні речовини, показники газового складу) стосуються річок Тетерів, Гнилоп'ять, Случ, Ірша, Уборть, Уж, Норинь, Растваиця, Кам'янка, Ірпінь.

Було відібрано лише ті пункти спостережень, які були найкраще забезпечені необхідною інформацією, тобто були репрезентативними щодо просторово-часової характеристики окремих річкових басейнів, чи часткових елементарних водозборів. Перелік цих пунктів спостережень та їх основні гідрологічні характеристики приведені в наступному розділі 3, таблиця 3.1. Перелік пунктів для вивчення хімічного складу води наведено у додатку Г.

### 2.3. Методика виконання досліджень

При виконанні досліджень було використано вже апробовані класичні методи гідрологічних та гідрохімічних досліджень. Широко застосовувались і сучасні методи статистичного аналізу гідрологічної та гідрохімічної інформації. Зокрема, для аналізу циклічності часових рядів та встановлення повних циклів та фаз водного стоку було застосовано методи різницево-інтегральних кривих, кумулятивних кривих.

Норми річного водного стоку, характерні багаторічні витрати води різної забезпеченості розраховувались за аналітичними функціями розподілу щорічних ймовірностей перевищення витрат води з використанням програми "Statistica". Сучасні тенденції зміни водності річок оцінювались методом аналізу часових трендів з використанням статистичного тесту Манна-Кендалла.

Для встановлення впливу водності на формування гідрохімічного режиму використовувався метод найменших квадратів та розроблені на його базі сучасні програми прикладного статистичного аналізу даних в середовищах “Statistica” та “Excell”.

Дослідження майбутніх змін водного стоку (довгостроковий гідрологічний прогноз) здійснювався з використанням водно-балансової моделі Турка на основі прогнозних кліматичних даних, отриманих українськими кліматологами за ансамблем регіональних кліматичних моделей.

Оцінка можливих змін хімічного складу води річок Житомирського Полісся у XXI столітті виконана шляхом використання результатів довгострокового прогнозування водного стоку річок та напівемпіричних статистичних моделей гідрохімічного режиму, а також статистичних поліноміальних залежностей концентрацій розчинених у воді речовин від витрат води.

Детальний опис використаних у роботі методів досліджень подано у розрахункових розділах роботи.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В розділі 2 виконано дослідження гідролого-гідрохімічної вивченості річок Житомирського Полісся. Наведено історичні дані про розвиток досліджень водного стоку та хімічного складу води, охарактеризовано сучасну мережу гідрологічного та гідрохімічного моніторингу. Виконано опис методів дослідження, які застосовуються у даній роботі.

## РОЗДІЛ 3

### ГІДРОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ РІЧКОВИХ ВОД

#### 3.1. Уточнення норм та характерних періодів зміни водного стоку річок Житомирського Полісся

Водні ресурси в ХХІ столітті стали відносити до категорії стратегічних природних ресурсів; вони вважаються лімітуючим фактором розвитку не тільки окремих галузей промисловості, але й цілих регіонів [56].

Водопостачання різних галузей промисловості та комунального господарства в Україні в значній мірі зорієнтоване на використання поверхневих вод, а саме річкового стоку. Тому розуміння процесів формування водного стоку річок та його багаторічної динаміки є одним із обов'язкових елементів науково-обґрунтованих стратегій регіонального розвитку.

Особливого значення набуває правильне розуміння часової мінливості водного стоку, його нормативних розрахункових характеристик, стабільності водних ресурсів набуває у зв'язку із загостренням впливу глобального потепління на гідрологічний цикл [56]. Цей аспект гідрологічних досліджень досить детально висвітлений у роботах Н.С.Лободи [57], В.В. Гребіня [58], В.І. Вишневського [59] та інших дослідників [60 - 62, 63].

З іншого боку, водний стік залишається одним із головних чинників формування багаторічного гідрохімічного режиму та якості води річок. Його дія проявляється у розбавленні забруднень та їх змиві з поверхні водозбору [64]. Отже, інформація про часову зміну кількісних характеристик водного стоку річок є вкрай важливою і для прогнозування якості води, яка теж дедалі частіше стає обмежувальним чинником використання води.



Житомирське Полісся характеризується низькою водозабезпеченістю. Питома забезпеченість населення області місцевими водними ресурсами річкового стоку складає всього 2,46 тис.м<sup>3</sup> в рік на одну особу, а в посушливі роки (забезпеченість стоку 95%) знижується втричі і становить 0,82 тис.м<sup>3</sup>. Експлуатаційні запаси підземних вод дуже обмежені і становлять всього 0,059 тис.м<sup>3</sup> в рік на одну особу [65].

Водозабезпечення промислових підприємств і населення міста Житомира здійснюється з річки Тетерів, міста Бердичева - частково з річки Гнилоп'ять і частково з артезіанських свердловин, міста Коростеня - з річки Уж, міста Новоград-Волинського - з річки Случ, міста Малина - з річки Ірша. Водозабезпечення міст Овруча, Радомишля, Коростишева, Андрушівки, Баранівки, селищ міського типу Чуднів, Попільня, Любар, Ружин та інших населених пунктів і потреб сільськогосподарського виробництва здійснюється в основному з підземних джерел.

Саме тому уточнення розрахункових гідрологічних характеристик річного стоку річок Житомирського Полісся, оцінка їх стійкості до зміни тривалості розрахункового періоду, виявлення характерних маловодних та багатоводних гідрологічних періодів, врахування яких необхідне при вивченні багаторічного гідрохімічного режиму, процесів формування якості води, оцінки впливу глобального потепління клімату на водні ресурси є досить важливим етапом досліджень

За даними Держводагентства України [66] на досліджуваній території налічується 2822 річки загальною довжиною 13,7 тис.км. Переважно це малі річки. Лише п'ять з них належать до категорії середніх річок (Случ, Уборть, Уж, Тетерів, Ірша). Річка Ствига протікає по території області всього лише 1км, а р. Словечна - 40 км.

Для виконання досліджень нами використані дані гідрологічних спостережень на 14 водомірних постах Державної гідрометеорологічної служби України (рис.3.1, табл.3.1).

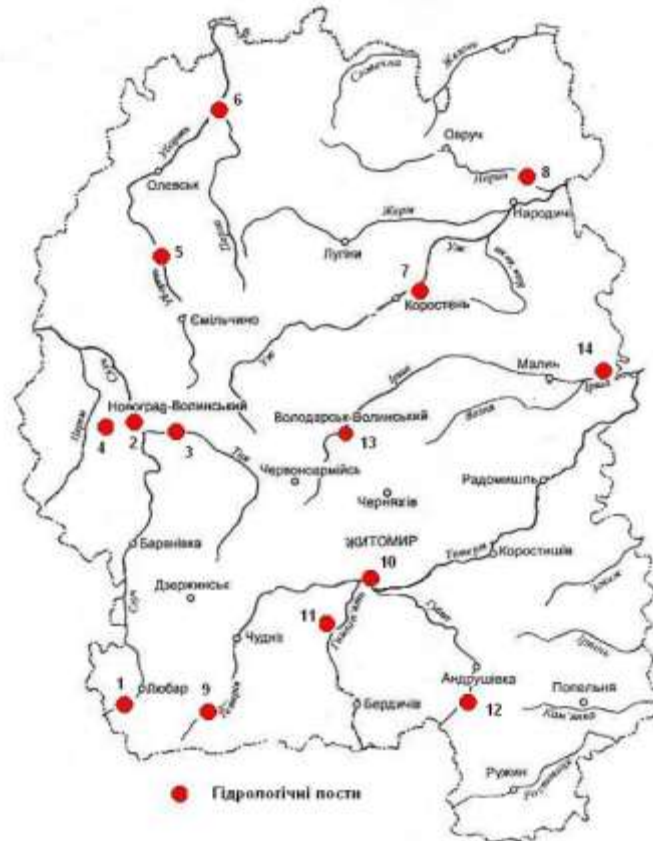


Рис. 3.1 Географічне розміщення об'єктів досліджень (нумерація постів згідно табл. 3.1)

Таблиця 3.1

**Перелік постів, дані спостережень з яких використані у дослідженні**

№ п/п	Річка	Пункт	Код поста	Відстань від гирла, км	Площа водозбору, км <sup>2</sup> .	Періоди спостереження	
						Рівні	виграти
1	Случ	с.Громада (Данців)	79543	312	2480	1925-41, 1945-84, 1985-2012	1925-1941, 1945-2012
2	Случ	м.Новоград-Волинський	79545	199	7460	1924-2012	1974-2012
3	Тня	с.Броники	79555	7,3	982	1936-1941, 1943, 1945-	1936-1941, 1943,1945-

						2012	2012
4	Смолка	с.Сусли	79557	6,3	632	1940,1941, 1944-2012	1945-2012
5	Уборть	с.Рудня Іванівська	79595	222	510	1927-41, 1945- 70, 1976-2012	1926-1941, 1959- 1970, 1976-2012
6	Уборть	с.Перга	79596	156	2880	1925-41, 1946- 2012	1954-2012
7	Уж	м.Коростень	79694	172	1450	1930-41, 1943- 2012	1945-2012
8	Норинь	с.Славенщина	79701	5,2	804	1963-80, 1988- 2012	1963-2012
9	Тетерів	с.Троша	80073	306	227	1945-2012	1945-2012
10	Тетерів	м.Житомир	80077	216	5270	1965-2012	1954-2012
11	Гнилопять	с.Головенка	80083	8	1200	1943-2012	1936-1941, 1945- 2012
12	Гуйва	с.Городківка	80084	74	312	1946-2012	1939-1941, 1943- 2012
13	Ірша	смт.Володарськ - Волинський	80088	112	208	1962-2012	1955-2012
14	Ірша	с.Українка	80090	20	2600	1925-2012	1925-2012

Дані табл.3.1. свідчать, що спостереження на різних річках характеризуються різною тривалістю, ряди спостережень часто перериваються, наприклад з 1941 р. по 1945 р., тощо.

Визначення розрахункових гідрологічних характеристик при наявності даних гідрометричних спостережень достатньої тривалості згідно СНиП 2.01.14-83 здійснюється шляхом застосування аналітичних функцій розподілу щорічних ймовірностей перевищення витрат води [67].

Ряди вихідних даних повинні бути репрезентативними як з точки зору статистики (чим довший ряд спостережень, тим точніші розрахункові характеристики), так і з точки зору генетичних особливостей формування річкового стоку в протягом періоду дослідження. Тобто їх репрезентативність повинна забезпечуватися врахуванням особливостей багаторічної динаміки водності; особливу увагу слід приділяти включенню в розрахункову вибірку даних однакової кількості маловодних і багатоводних гідрологічних циклів [68].

Для підвищення статистичної репрезентативності даних було виконано спробу продовження наявних рядів спостережень шляхом відновлення пропущених даних за річками-аналогами з послідовним використанням кореляційного та регресійного аналізу.

Спочатку, методом кореляційного аналізу, було досліджено спряженість часових коливань середніх річних витрат води досліджуваних річок (табл.3.2).

Таблиця 3.2

### Спряженість часових коливань водного стоку річок

Річка-пункт	Случ – Громада	Случ – Нов.Вол.	Уборть – Рудня	Уборть – Перга	Уж-Коростень	Норинь-Славенщина	Тетерів-Житомир	Ірша – Вол.Вол.	Ірша-Українка
<b>Случ – Громада</b>	<b>1,00</b>	0,78	0,42	0,56	0,67	0,36	0,79	0,54	0,33
<b>Случ - Нов.Вол.</b>	0,78	<b>1,00</b>	0,67	0,66	0,63	0,66	0,78	0,66	0,26
<b>Уборть – Рудня</b>	0,42	0,67	<b>1,00</b>	0,72	0,70	0,83	0,59	0,76	0,19
<b>Уборть – Перга</b>	0,56	0,66	0,72	<b>1,00</b>	0,88	0,57	0,75	0,64	0,37
<b>Уж-Коростень</b>	0,67	0,63	0,65	0,88	<b>1,00</b>	0,52	0,80	0,75	0,39
<b>Норин-Славенщина</b>	0,36	0,66	0,83	0,57	0,52	<b>1,00</b>	0,57	0,78	0,28
<b>Тетерів-Житомир</b>	0,79	0,78	0,59	0,75	0,80	0,57	<b>1,00</b>	0,77	0,45
<b>Ірша - Вол.Волинськ</b>	0,54	0,66	0,76	0,64	0,75	0,78	0,77	<b>1,00</b>	0,29
<b>Ірша-Українка</b>	0,33	0,26	0,19	0,37	0,39	0,28	0,45	0,29	<b>1,00</b>

Користуючись даними табл.3.2 за показником тісноти кореляційного зв'язку ( $r$ ), який характеризує міру спряженості часових коливань водного стоку різних річок, або часову синхронність стоку, було обрано річки – аналоги, зв'язок між стоковими характеристиками яких був підтверджений найбільшими за величиною коефіцієнтами парної кореляції. Аналог вважається придатним для використання, якщо  $r \geq 0,7$  [69].

Дана процедура дозволила підвищити придатність вихідної інформації для подальшого аналізу із застосуванням класичних гідрологічних та статистичних методів.

Використовуючи відновлені ряди середніх річних витрат води за допомогою модуля «Basic statistics» програми «Statistica» було розраховано середні річні норми водного стоку, характерні багаторічні витрати води 95% та 5% забезпеченості (за аналітичними функціями розподілу щорічних ймовірностей перевищення витрат води) та цілий ряд інших статистичних параметрів (табл.3.3).

Таблиця 3.3

**Статистичні параметри рядів середніх річних витрат води (м<sup>3</sup>/с)  
річок Житомирського Полісся за багаторічний період**

Річка- пункт	Довжина ряду	Q сер. багатор. (норма стоку)	Q min	Q max	Амплітуда	Qсер. 50%	Qсер. 95%	Qсер. 5%	$\Sigma$	C <sub>v</sub>	A	E
Случ –Громада	82	8,2	3,1	17,0	13,9	7,5	3,9	13,7	3,1	38,0	0,9	0,3
Случ - Нов.Вол.	38	27,0	14,0	56,0	42,0	25,3	14,5	49,2	9,8	36,2	1,1	1,1
Уборть – Рудня	66	2,4	0,2	8,7	8,5	2,0	0,5	5,0	1,6	66,4	1,3	2,8
Уборть – Перга	58	12,4	3,0	26,3	23,3	12,1	4,3	24,7	5,6	45,1	0,6	-0,0
Уж-Коростень	66	4,2	1,2	11,8	10,6	3,5	1,5	9,0	2,3	53,9	1,1	1,3
Норинь-Словенщина	48	4,4	1,6	14,0	12,4	3,9	1,9	10,9	2,7	61,6	1,9	3,9
Тетерів-Житомир	84	14,4	3,9	35,3	31,4	13,3	5,8	26,6	6,9	48,0	0,8	0,3
Ірша - Вол.Волинськ	57	0,8	0,1	2,1	2,0	0,7	0,2	1,5	0,4	54,5	0,9	0,8
Ірша-Українка	79	7,9	1,9	21,0	19,1	7,2	2,2	16,9	4,4	55,8	0,9	0,2

Аналізуючи дану таблицю, слід відзначити, що основні розрахункові гідрологічні характеристики річок, зважаючи на їх різні розміри, значно відрізняються. Так норма стоку становить 0,8 – 27,0 м<sup>3</sup>/с (перевищення в 34 рази), середні за багаторічний період максимальні витрати становлять 2,1 – 56,0 м<sup>3</sup>/с (перевищення в 28 разів). Найбільша мінливість водного стоку характерна для річок Случ (м. Новоград Волинський), Тетерів (м. Житомир), та Уборть (с. Перга). На цих річках спостерігаються і найвищі середні амплітуди коливання стоку (A) та середньоквадратичні відхилення середніх річних витрат від норми стоку ( $\sigma$ ). Причиною цього може бути вплив як природних

особливостей формування стоку у значних за площею річкових басейнах, так і господарської діяльності, зокрема зарегульованості водного стоку, що підтверджується даними В.І. Вишневського та О.О. Косовця [70].

Коефіцієнт варіації річкового стоку змінюється в межах 36,2 – 66,4%. Найбільші значення його, навпаки, характерні для малих річок - Уборти (66,4%) і Норині (61,6%). Це свідчить про значну мінливість стоку протягом періоду спостережень, яка, з одного боку, викликана як його швидкою реакцією на випадіння зливових опадів через малий час добігання та морфометричні особливості русел, або на надходження талих вод під час активних весняних водопіль, а з іншого боку, вразливістю гідрологічних систем малих річок до посушливих кліматичних умов.

Розподіл стоку річок характеризується незначною правосторонньою асиметрією, найбільші значення якої спостерігаються на найменших за площею водозбору річках – Норинь (с. Славенщина) – 1,9 та Уборть (с. Рудня Іванівська) – 1,3. Зміщення кривої розподілу стокових величин вправо відбулося за рахунок короткоперіодичних коливань водного стоку з великими амплітудами під час випадання зливових опадів.

Як відомо, коливання водного стоку проявляються у формі послідовної зміни багатоводних і маловодних груп років (рис.3.2), тобто мають циклічний характер. Вони відрізняються як за величиною відхилення від середнього значення величини стоку за весь період спостережень, так і за тривалістю тієї, чи іншої групи років [69, 70] .

Ці групи утворюють цикли різної тривалості і різного розмаху коливань водності. Період часу протягом якого спостерігається збільшення водності, називається багатоводною фазою циклу (багатоводним періодом), а у випадку постійного зменшення – маловодною фазою (маловодний період).

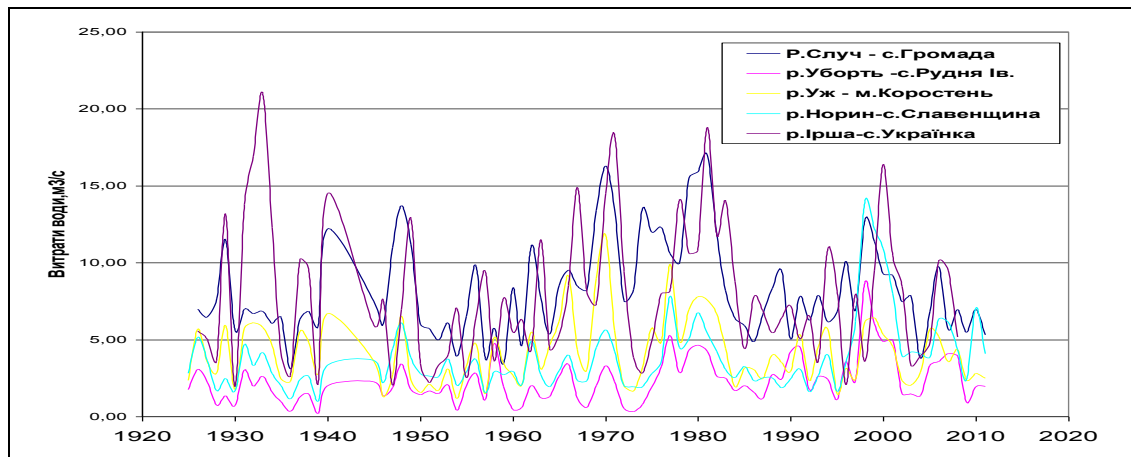


Рис. 3.2 Циклічний характер зміни водного стоку річок з 1925 р. по 2012р.

Для дослідження циклічності коливань стоку використовуються різні методи, зокрема, методи інтегральних і подвійних інтегральних кривих, різницево-інтегральних кривих, метод ковзного осереднення, автокореляційний та спектральний аналізи.

Жоден з цих методів не позбавлений певних недоліків, які призводять до викривлення результатів досліджень [71], проте, як один з найпростіших, найбільшого застосування для цих цілей набув метод різницево-інтегральних кривих [68]. Він полягає в розрахунку модульних коефіцієнтів водного стоку ( $K$ ):

$$K = Q_i / Q_{\text{сер}},$$

де  $Q_i$  – значення ряду,  $Q_{\text{сер}}$  – середнє значення ряду.

Потім визначається їх відхилення від середнього  $K-1$ , шляхом послідовного додавання цих відхилень  $\Sigma (K-1)$  отримуємо ряд накопичених відхилень для побудови інтегральної кривої, яка характеризує наростаючу суму відхилень модульних коефіцієнтів від середнього багаторічного значення ряду.

Додатні значення відхилень модульних коефіцієнтів за досліджуваній інтервал часу при додаванні дають нахил різницево-інтегральної кривої вгору відносно горизонтальної лінії (норми стоку), а від'ємні значення - нахил

кривої вниз. Першу ділянку кривої зазвичай відносять до багатоводної фази циклу, а другу - до маловодної.

На рис.3.3 побудовано різницево-інтегральні криві середніх багаторічних величин водного стоку п'яти досліджуваних річок, з яких 3 є середніми, а 2 малими та на їх основі виконано поділ ряду на цикли та фази водності.

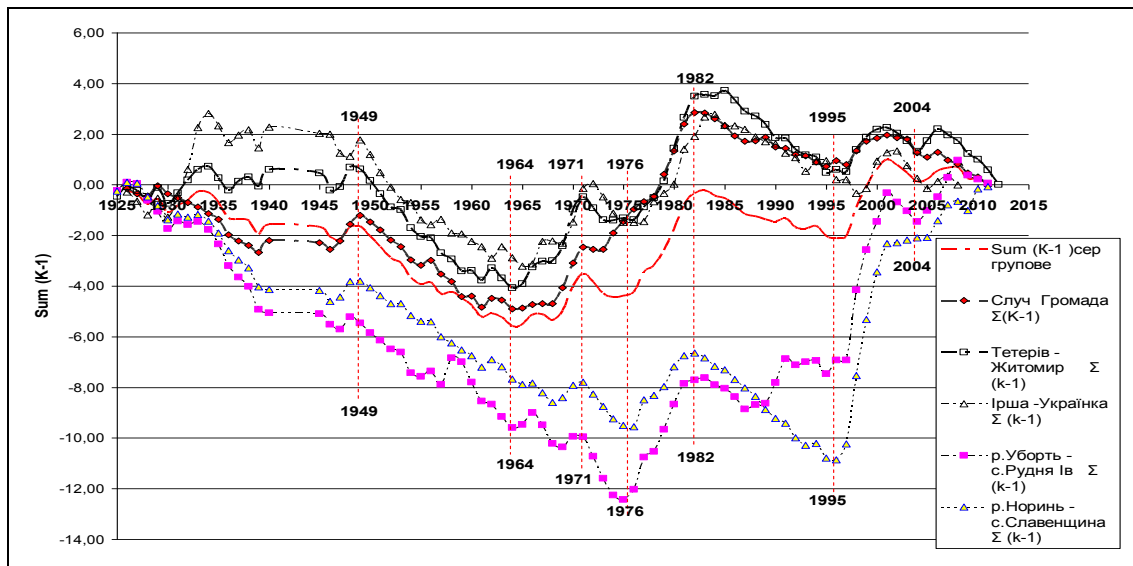


Рис. 3.3 Аналіз циклічності водного стоку за різницево-інтегральними кривими.

Поділ на фази водності здійснювався згідно правил прийнятих у гідрологічній практиці [71]. За початок відліку було взято 1950 р.. Починаючи з цього часового моменту було визначено три повних цикли водності тривалістю 22, 11 і 22 роки, кожен з яких включає маловодну та багатоводну фазу різної тривалості (табл.3.4).



Таблиця 3.4

### Цикли і фази водного стоку річок Житомирської області

Порядковий номер Циклу	Тривалість циклу		Маловодна фаза		Багатоводна фаза	
	Період	Роки	Період	Роки	Період	Роки
1	1950-1971	22	1950-1964	15	1965-1971	7
2	1972-1982	11	1972-1976	5	1977-1982	6
3	1983-2004	22	1983-1995	13	1996-2004	11

Результати розрахунку норми стоку за повні цикли водності та окремі фази водності наведені у табл.3.5.

Таблиця 3.5

### Норми стоку для повних циклів і фаз водності

Річка - пункт	Повні цикли водності			Багатоводні та маловодні фази водності						Q сер. 1950-2004
	1950-1971	1972-1982	1983-2005	1950-1964	1965-1971	1972-1976	1977-1982	1983-1995	1996-2004	
Случ-с.Громада	7,78	12,2	7,66	6,21	11,13	10,7	13,4	6,90	8,75	9,5
Случ-м.Новоград. Вол.	24,5	32,84	25,5	20,8	32,55	28,0	36,8	21,8	30,8	28,5
Уборть-с. Рудня Ів.	1,85	2,79	2,98	1,68	2,20	1,36	3,99	2,36	3,87	2,58
Уборть-с.Перга	10,5	15,5	12,0	8,86	14,12	9,73	20,4	11,8	12,3	12,9
Уж-м.Коростень	4,31	5,56	3,64	3,05	7,03	3,49	7,29	3,45	3,92	4,7
Норинь-с.Славенщина	3,10	4,19	4,57	2,81	3,72	2,45	5,63	2,58	7,45	4,11
Тетерів-м.Житомир	13,6	19,5	12,9	9,89	21,7	11,7	26,1	11,0	15,7	16,0
Ірша-м.Волод. Вол.	0,74	0,84	0,70	0,48	1,11	0,47	1,16	0,50	0,99	0,78
Ірша-с.Українка	7,22	9,39	7,32	5,46	10,9	5,80	12,3	7,33	7,30	8,21

Як видно із наведених даних (рис. 3.3, табл.3.4, табл.3.5) зміна стоку досліджуваних річок протягом періоду надійних гідрометричних вимірювань (1950-2012 рр.) описується трьома повними циклами водності, два з яких тривалістю 22 роки і один короткоперіодичний тривалістю 11 років. Норми стоку 22-річних періодів є більш стійкими, вони близькі між собою і набагато

ближчі до значення середньої багаторічної норми стоку, розрахованої ймовірнісними методами і до офіційних розрахункових параметрів стоку, які опубліковані у Державному водному кадастрі (ДВК). Короткоперіодичний 11-річний цикл прив'язаний до 6-річної багатоводної фази, під час якої різко зростала водність річок регіону характеризується завищеними нормами стоку.

Значні відмінності у нормах стоку спостерігаються і між маловодними та багатоводним фазами цих циклів. На цей факт слід звертати увагу при виборі порівняльних періодів для водогосподарських, гідрохімічних та прогнозних гідрологічних розрахунків.

Порівняння норми стоку отриманої з урахуванням циклічності, тобто за період з 1950 по 2004 р. (три повні цикли водності) з офіційними даними ДВК показав (рис.3.4) в більшості випадків (за виключенням р. Уборть – с. Рудня Іванівська) достатньо високий рівень співпадіння даних. Значне відхилення по р. Уборть пояснюється включенням у розрахунки значного масиву відновлених даних, які, відповідно до методики регресійного аналізу, відповідають певному середньому рівню зміни функції (водного стоку річки) при широкому діапазоні зміни аргументу (водного стоку річки-аналога). Це означає, що дані відновлених рядів не підходять для дослідження циклічності водного стоку, тому що вони занижують максимальні витрати і завищують мінімальні, спотворюючи сформовані природними процесами цикли водності.

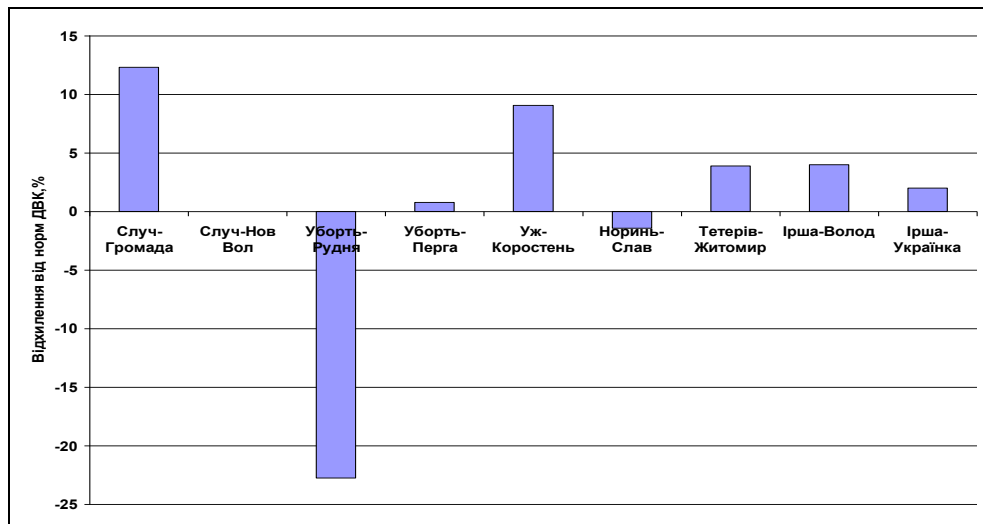


Рис. 3.4 Відхилення (%) норм водності отриманих з урахуванням циклічності від офіційних розрахункових норм ДВК, 2005 р.

Порівняння розрахованих нами норм стоку з даними інших авторів (табл.3.6) показують їх ідентичність до існуючих даних. Це означає, що водний стік річок в останні роки не змінився настільки суттєво, щоб це вплинуло на зміну багаторічних розрахункових гідрологічних характеристик. Норма стоку, що була розрахована нами за продовженими рядами даних теж не внесла значних корективів у отриманий результат. Це дозволяє використовувати отримані значення нормативних характеристик у подальших дослідженнях.

Таким чином, проведені дослідження дали змогу уточнити розрахункові гідрологічні характеристики річок Житомирської області як ймовірно-статистичним методом, так і з урахуванням циклічності водного стоку. Встановлено три повних цикли водності тривалістю 22, 11 і 22 роки, кожен з яких включає маловодну та багатоводну фазу різної тривалості. Показано, що норми стоку в окремі фази, і навіть періоди, суттєво відрізняються між собою. Цей факт необхідно враховувати при виборі порівняльних періодів для водогосподарських, гідрохімічних та прогнозних гідрологічних розрахунків.

Таблиця 3.6

**Порівняння розрахованих значень норми стоку річок з існуючими  
довідниковими даними**

Річка- пункт	Норма стоку (ряди з віднов- леними даними) 1925-2012 рр.	Норма стоку (фактичні дані по 2012 р.)	За В.І.Вишне- вським та О.О. Косовцем [2]	За В.О. Манукалом 1991 [ 6 ]	Норма стоку з урахуванням циклічності 1950-2004 рр.)	За ДВК 2005 [ 5 ]
Случ - с.Громада	8,2	8,25	8,46	-	9,5	8,46
Случ - м.Новоґр-Волинський	27,0	26,9	28,5	-	28,5	28,5
Уборть - с. Рудня Іванівська	2,4	2,32	3,33	1,51	2,58	3,34
Уборть - с.Перга	12,4	12,4	12,8	10,9	12,9	12,8
Уж - м.Коростень	4,2	4,18	4,28	3,29	4,7	4,31
Норинь - с.Славенщина	4,4	4,35	4,18	-	4,11	4,17
Тетерів - м.Житомир	14,4	14,4	15,3	-	16,0	15,4
Ірша - м.Волод. Вол.	0,8	0,75	0,75	-	0,78	0,75
Ірша - с.Українка	7,9	7,91	8,04	6,94	8,21	8,05

### 3.2. Дослідження багаторічних тенденцій зміни водного стоку

У світовій гідрологічній практиці при оцінці часової динаміки стоку використовується гіпотеза стаціонарності, у відповідності з якою майбутні кліматичні умови та гідрологічні характеристики водних об'єктів будуть, у статистичному розумінні, аналогічні тим, що спостерігались у попередній багаторічний період часу. Виходячи з цього, статистичні закономірності багаторічних коливань гідрологічних величин, що встановлені шляхом аналізу даних спостережень, поширюються на весь розрахунковий період.

Однак зараз правомірність концепції стаціонарності багаторічних коливань гідрометеорологічних характеристик ставиться під сумнів деякими вченими, у зв'язку зі змінами клімату та його впливом на гідрологічний цикл. Питання аналізу динаміки часових гідрологічних рядів, детально розглядаються в роботах М.М.Ворончука [72, 73] В.І.Вишневського [59 ], С.І. Сніжка [63, 74, 61], інших авторів [75, 76, 77].

Дослідження тенденцій зміни водного стоку у часі можна проводити з використанням методу регресійного аналізу, який математично описує залежність значень гідрометеорологічних показників від часу.

Склавши та розв'язавши рівняння регресії, можна зробити вирівнювання емпіричних ліній регресії, тобто моделювати залежність, що спостерігається. Це здійснюється шляхом підбору функції, графік якої являє собою теоретичну лінію регресії. Якщо підібрана функція в достатній мірі характеризує сутність процесу чи явища, то можливе прогнозування значень ознаки за межами зроблених спостережень.

Оскільки рівняння регресії описує статистичний зв'язок між двома змінними величинами, то це означає, що і рівняння, і графік регресійного зв'язку характеризує залежність не окремих значень  $y$  від величини  $x$ , а залежність часткових (групових) середніх  $\bar{y}_x$  від значення  $x$ .

Функція, яка дозволяє за величиною однієї ознаки ( $x$ ) знаходити середні (очікувані) значення іншої ознаки ( $\bar{y}_x$ ) зв'язаної з  $x$  кореляційно, називається регресією. Статистичний аналіз регресії отримав назву регресійного аналізу.

Подібно кореляції, регресія може бути парною (простою) і множинною, за формою зв'язку – лінійною і нелінійною, по залежності односторонньою (змінюється лише одна ознака під впливом іншого) і двосторонньою (змінюються обидві ознаки під впливом одна одної).

Виразити регресію можна кількома способами: шляхом побудови емпіричних ліній, шляхом складання рівняння та побудовою теоретичних ліній регресії, а також за допомогою коефіцієнта регресії. Рівняння найбільш точно виражає залежність між двома змінними ( $x, y$ ), якщо кореляція між ними близька до одиниці.

На практиці найчастіше для цього використовують рівняння регресії першого порядку

$$\bar{y}_x = a + bx \quad (3.1)$$

де  $a$  – вільний член рівняння,  $b$  – коефіцієнт регресії, що визначає нахил лінії регресії по відношенню до осей координат.

Для розрахунку рівняння регресії застосовують метод найменших квадратів, який базується на положенні, що сума квадратів відхилень емпіричних спостережень  $y_i$  від теоретичної лінії регресії  $\bar{y}_x$  повинна бути мінімальною

$$\sum (y_i - \bar{y}_x)^2 = Q_{\min}. \quad (3.2)$$

Отже сутність методу полягає в тому, щоб розрахувати такі значення коефіцієнтів  $a$  і  $b$ , при яких сума квадратів відхилень вимірних величин від передбачуваних (за рівнянням) була б мінімальною.

У світовій практиці для оцінки достовірності лінійних трендів широко застосовується тест Манна-Кендалла [78]. Цей тест, що також відомий, як статистика Кендалла, використовується для перевірки трендів на достовірність у гідрологічних та кліматологічних розрахунках. Процедура базується на методі ранжування і є стійкою до впливу екстремумів, її добре використовувати, коли маємо справу з асиметричними змінними. Згідно із цим тестом, нульова гіпотеза  $H_0$  стверджує, що значення  $(x_1, \dots, x_n)$  являють собою  $n$  незалежних та тотожно розподілених змінних. Альтернативна гіпотеза  $H_1$  двостороннього тесту полягає в тому, що розподіл  $x_k$  та  $x_j$  не є тотожним для всіх  $k, j \leq n$  при  $k \neq j$ . Статистика тесту  $S$ , що має середнє значення 0 та дисперсію, вираховану з рівняння (3.5), визначена, використовуючи рівняння (3.3) і (3.4), є асимптотично нормальною:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (3.3)$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (3.4)$$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) \sum_{i=1}^n t_i i(i-1)(2i+5)}{18} \quad (3.5)$$

Де  $t_i$  – кількість зв'язків величини  $i$ .

У випадках де величина  $n > 10$ , стандартна нормальна випадкова величина  $z$  визначається, з використанням рівняння (3.6)

$$(3.6)$$

У двосторонньому тесті для тренду  $H_0$  буде таким чином справджуватись, якщо  $|z| \leq z_{\alpha/2}$  (де  $\alpha/2$  – квантиль стандартного нормального розподілу) на  $\alpha$ -рівні значущості. Додатне значення  $S$  означає зростаючий тренд, відповідно від'ємне значення  $S$  означає спадаючий тренд.

Для дослідження нами використані дані гідрологічних спостережень на 9 водомірних постах Державної гідрометеорологічної служби України, розміщених на основних річках Житомирської області за період з 1950 р. по 2012 р. За допомогою програми «Ексел» було виконано побудову хронологічних графіків зміни водності річок та підібрано до них методом найменших квадратів лінійні тренди (рис. 3.5, табл.3.7).

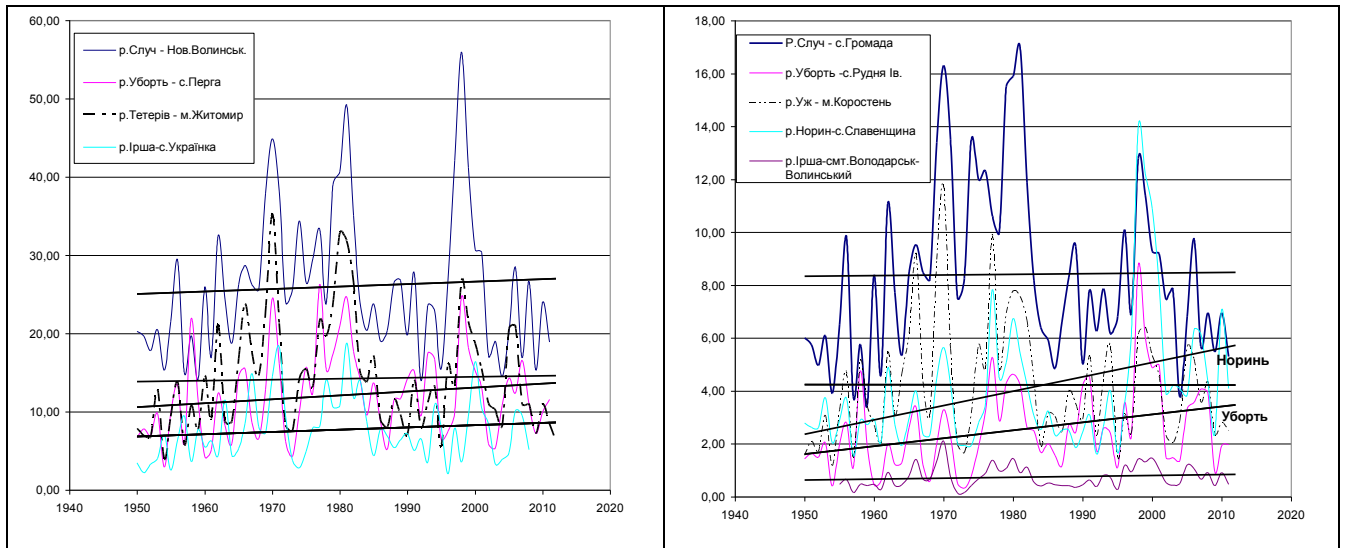


Рис. 3.5 Лінійні тренди водного стоку за період 1950-2012 рр.

Таблиця 3.7

**Рівняння лінійних трендів водного стоку річок Житомирської області за багаторічний період**

Річка пункт	Рівняння тренду	Значення коефіцієнту лінійного тренду	Статистична значимість тренду
Случ-с.Громада	$y = 0,0024x + 3,7334$	0,0024	не значимий
Случ-м.Новогр. Вол.	$y = 0,0311x - 35,556$	0,03	не значимий
Уборть- с. Рудня Іван.	$y = 0,0301x - 57,024$	0,0301	не значимий
Уборть-с.Перга	$y = 0,0499x - 86,78$	0,0499	не значимий
Уж-м.Коростень	$y = -0,0002x + 4,6779$	-0,0002	не значимий
Норинь- с.Славенщина	$y = 0,0541x - 103,14$	0,0541	не значимий
Тетерів-м.Житомир	$y = 0,012x - 9,5828$	0,01	не значимий
Ірша- м.Волод. Вол.	$y = 0,0499x - 6,1194$	0,0499	не значимий
Ірша- с.Українка	$y = 0,0291x - 49,998$	0,03	не значимий

Як видно з рис.3.5 та табл.3.7, практично всі тренди є асимптотичними до осі абсцис, за виключенням трендів водного стоку малих річок – Уборті та Норині, де візуально помітно слабке зростання водного стоку. Однак коефіцієнти лінійного тренду у всіх випадках близькі до нуля, а перевірка статистичної значимості наявності тенденції до збільшення (зменшення)



водного стоку не підтвердила її. Причина цього криється в самому характері багаторічного водного стоку та у методиці розрахунку тренду. Водний стік представлений циклами багатоводних та маловодних років, що змінюються (відхиляються від норми стоку), а положення лінії тренду якраз розраховується на рівновіддаленій від цих відхилень і підтверджує стаціонарність багаторічних гідрологічних рядів.

В розділі 3.1 було обґрунтовано існування щонайменше 3 повних циклів водності за період з 1950 р. по 2012 р., а саме: 1 – 1950-1971 рр., 2 – 1972 – 1982 рр., 3 – 1983 – 2004 рр.

Розглянемо особливості зміни водного стоку з точки зору його направленості (збільшення/зменшення) протягом першого 22-річного циклу водності (1950-1971 рр.) (рис.3.6, табл.3.8).

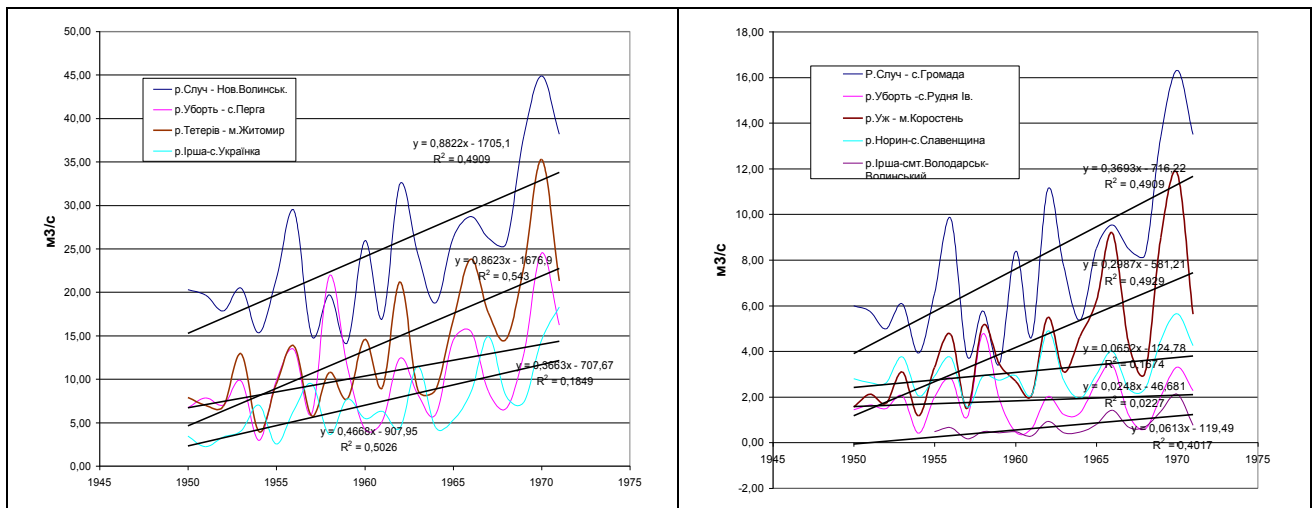


Рис. 3.6 Тренди зміни водного стоку протягом 22-річного циклу водності (1950-1971 рр.)

Таблиця 3.8

### Рівняння трендів зміни водного стоку протягом 1950-1971 рр. та їх характеристики

Річка пункт	Рівняння тренду	Значення коефіцієнту лінійного тренду	Статистична значимість тренду
Слuch-с.Громада	$y = 0,3693x - 716,22$	0,37	Значимий
Слuch-м.Новогр. Вол.	$y = 0,8822x - 1705,1$	0,88	Значимий

Уборть- с. Рудня Іван.	$y = 0,0248x - 46,681$	0,024	не значимий
Уборть-с.Перга	$y = 0,3663x - 707,67$	0,37	Значимий
Уж-м.Коростень	$y = 0,2987x - 581,21$	0,30	Значимий
Норинь- с.Славенщина	$y = 0,0652x - 124,78$	0,07	не значимий
Тетерів-м.Житомир	$y = 0,8623x - 1676,9$	0,86	Значимий
Ірша- м.Волод. Вол.	$y = 0,0613x - 119,49$	0,06	не значимий
Ірша- с.Українка	$y = 0,4668x - 907,95$	0,47	

Результати аналізу свідчать про наявність статистично значимих трендів, які свідчать про збільшення водного стоку під час цього циклу водності.

Аналогічні результати були нами отримані для другого і для третього циклів водності (рис. 3.7, 3.8, табл. 3.9, 3.10).

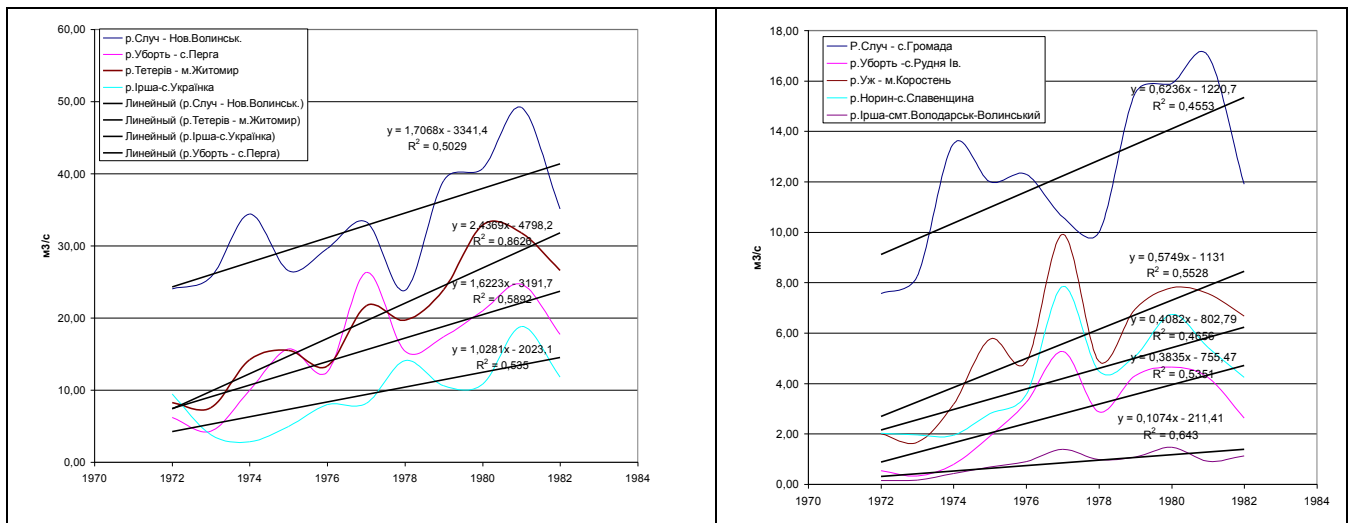


Рис. 3.7 Тренди зміни водного стоку протягом 1972-1982 рр.

Таблиця 3.9  
Рівняння трендів зміни водного стоку протягом 1972-1982 рр. та їх характеристики

Річка пункт	Рівняння тренду	Значення коефіцієнту лінійного тренду	Статистична значимість тренду
Случ-с.Громада	$y = 0,6236x - 1220,7$	0,62	Значимий
Случ-м.Новогр. Вол.	$y = 1,7068x - 3341,$	1,71	Значимий
Уборть- с. Рудня Іван.	$y = 0,3835x - 755,47$	0,38	Значимий
Уборть-с.Перга	$y = 1,6223x - 3191,7$	1,62	Значимий
Уж-м.Коростень	$y = 0,5749x - 1131$	0,57	Значимий
Норинь- с.Славенщина	$y = 0,4082x - 802,7$	0,41	Значимий
Тетерів-м.Житомир	$y = 2,4369x - 4798,2$	2,44	Значимий
Ірша- м.Волод. Вол.	$y = 0,1074x - 211,41$	0,11	не значимий
Ірша- с.Українка	$y = 1,0281x - 2023,1$	1,03	Значимий

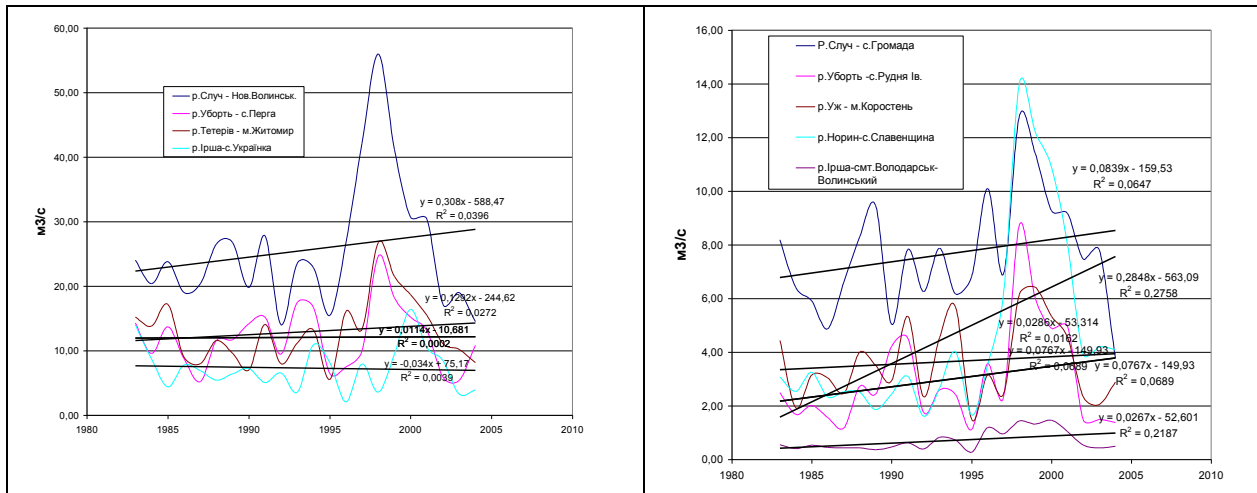


Рис. 3.8 Тренди зміни водного стоку протягом 1983-2004 рр.

Таблиця 3.10

**Рівняння трендів зміни водного стоку протягом 1983-2004 рр. та їх характеристики**

Річка пункт	Рівняння тренду	Значення коефіцієнту лінійного тренду	Статистична значимість тренду
Случ-с.Громада	$y = 0,0839x - 159,53$	0,083	не значимий
Случ-м.Новогр. Вол.	$y = 0,308x - 588,47$	0,31	Значимий
Уборть- с. Рудня Іван.	$y = 0,0767x - 149,93$	0,077	не значимий
Уборть-с.Перга	$y = 0,0114x - 10,68$	0,011	не значимий
Уж-м.Коростень	$y = 0,0286x - 53,314$	0,029	не значимий
Норинь- с.Славенщина	$y = 0,2848x - 563,09$	0,28	Значимий
Тетерів-м.Житомир	$y = 0,1292x - 244,62$	0,13	не значимий
Ірша- м.Волод. Вол.	$y = 0,0267x - 52,601$	0,027	не значимий
Ірша- с.Українка	$y = -0,034x + 75,17$	-0,034	не значимий

Дослідження водного стоку в часових межах циклів водності 1950-1971рр., 1972-1982 рр., 1983-2004 рр. показало наявність (за невеликим виключенням) його статистично значимих позитивних трендів. В той же час для багаторічного періоду спостережень 1950-2012 рр. не було виявлено жодного статистично значимого тренда.

Пояснення цьому можна знайти, проаналізувавши структуру часових рядів в рамках кожного циклу. Кожен повний цикл водності складається з маловодної і багатоводної фази, тобто статистичний ряд розпочинається з менших значень витрат води і завершується більшими. Формуючи таким

чином структуру циклу водності, ми закладаємо можливість отримання позитивного і статистично значимого тренду. Щоб довести це, сформуємо цикл водності, який би розпочинався з багатоводної фази і закінчувався маловодною. Для прикладу використаємо дані по р. Случ за багатоводну фазу 1977-1982 рр. і доповнимо її даними за маловодну фазу 1983 – 1995 рр. та побудуємо спільний графік для двох циклів водності: 1977 -1995 рр. та 1983 по 2004 р. (рис.3.9). Маловодна фаза (1983 – 1995 рр.) є спільною для цих циклів, але в першому циклі вона завершає цикл, а в другому – розпочинає.

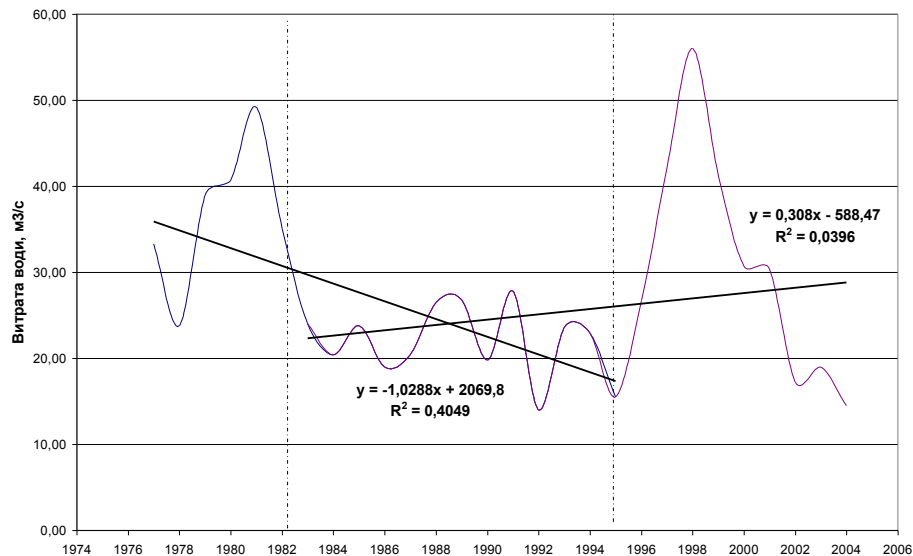


Рис. 3.9 Порівняння розрахованих трендів зміни водного стоку р.Случ – м. Новоград-Волинський за два цикли водності: 1977-1995 рр. та за 1983 – 2004 рр.

Даною побудовою підтверджується, що направленість тренду закладається правильністю (неправильністю) вибору періоду спостереження за водним стоком. Якщо починається період з багатоводної фази (1977-1982 рр.) а завершається маловодною, то тренд буде негативний (показує зменшення стоку). І, навпаки, якщо період починається з маловодної фази (1983-1995 рр.) а завершається багатоводною (1995 – 2004 рр.), то тренд буде позитивний

(показує збільшення стоку). Методично обґрунтованим підходом до вирішення даної проблеми є правильний вибір періоду спостережень, який би включав у себе декілька повних циклів коливання водності, у яких би маловодні фази урівноважувалися багатоводними. При дослідженні трендів зміни водності протягом коротких періодів часу отриманий результат не може характеризувати багаторічну направленість водного стоку і його використання для будь-яких інтерпретацій приведе до хибних висновків.

Цю тезу можна підтвердити на прикладі аналізу багаторічної динаміки водності р. Тетерів біля м. Житомир (рис.3.10): для багаторічного періоду відсутній статистично значимий тренд, але для окремих короткоперіодичних циклів водності значимі тренди існують.

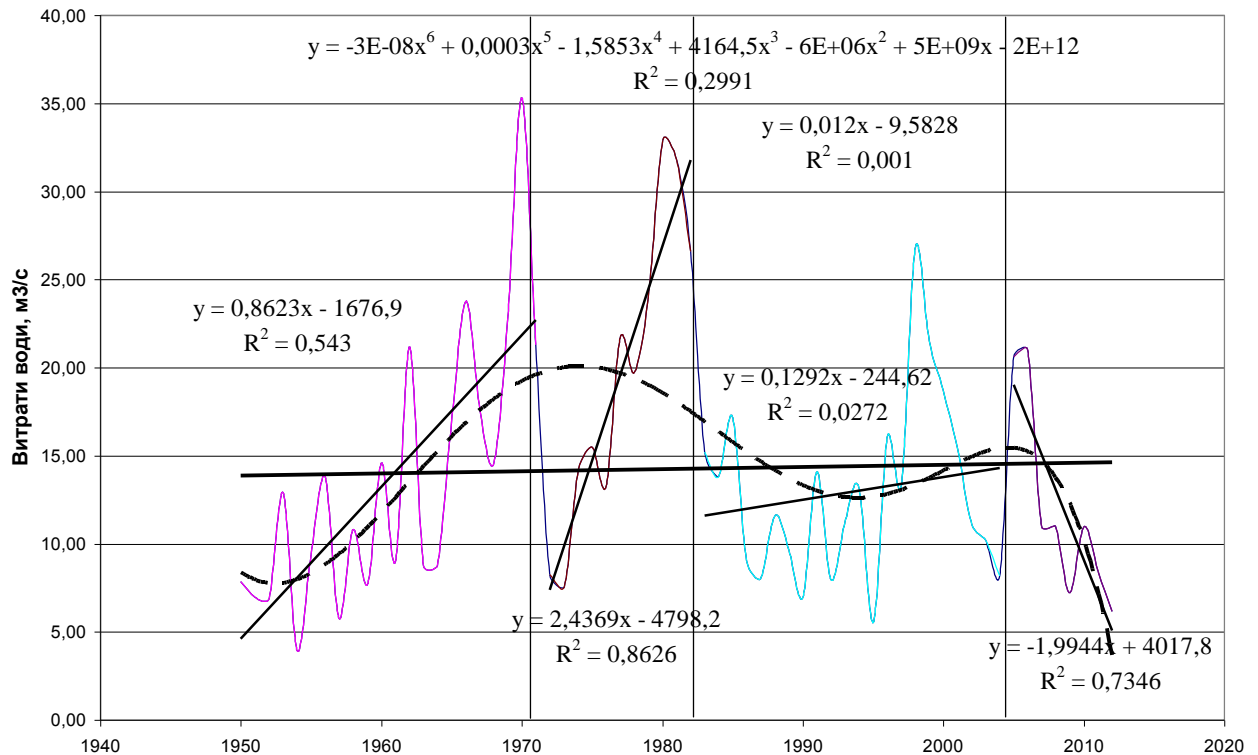


Рис. 3.10 Тренди зміни водності р. Тетерів біля м. Житомир за багаторічний період з 1950 р. по 2012 р. та за окремі цикли водності.

Побудований криволінійний поліноміальний тренд для цього ж періоду в цілому набагато краще описує багаторічний хід водності річки, в однаковій мірі апроксимуючи і періоди зростання (багатоводні періоди) і періоди спадання водності (маловодні періоди).

Таким чином виконані дослідження показали, що:

- 1) для багаторічної динаміки водного стоку досліджуваних річок статистично значимі зміни (тренди) водності не було виявлено;
- 2) для відносно короткотривалих циклів водності встановлені статистично значимі тренди зміни водності, направленість яких залежить від порядку чергування багатоводної і маловодної фаз водності;
- 3) найкращий результат апроксимації часового ходу водності за багаторічний період отримано у випадку використання поліноміальної моделі 6 порядку, яка в однаковій мірі описує і періоди зростання (багатоводні періоди) і періоди спадання водності (маловодні періоди)

### 3.3. Основні закономірності внутрішньорічного розподілу водного стоку

Внутрішньорічний розподіл стоку визначається сукупністю впливу природних і антропогенних чинників, які беруть участь у формуванні водного стоку певної території. Провідну роль в цьому процесі відіграє кліматичний чинник, адже саме сезонні зміни теплового режиму та режиму зволоження річкового водозбору призводять до коливання рівнів та зміни витрат води. Значний вплив на внутрішньорічний розподіл стоку можуть здійснювати й інші природні чинники, такі як заболоченість, залісеність водозбору, тощо. Але, якщо ці характеристики не змінюються з року в рік під впливом господарських чинників, то їх внесок у загальні зміни водності може не враховуватись.

Помітну роль у внутрішньорічному розподілі стоку можуть відігравати антропогенні чинники, серед яких найбільш помітні – це регулювання водного стоку (створення водосховищ, ставків), відбір води, скидання стічних вод.

Сучасні дослідження цього питання звертають увагу на помітний вплив процесів кліматичних змін на розподіл стоку за місяцями гідрологічного року [58, 79].

Інформація про розподіл водного стоку за місяцями гідрологічного року має важливе значення для дослідження гідрохімічного режиму та якості води річок.

У водогосподарській практиці широко застосовується поняття лімітуючих періодів та сезонів, тобто таких періодів гідрологічного року, коли водний стік річки досягає найнижчих значень, створюючи певну загрозу для місцевого чи регіонального водо забезпечення. Для гідрохімічних досліджень теж важливо знати межі цих лімітуючих періодів (сезонів), адже зниження водності річки, підвищує її вразливість до впливу господарської діяльності. Так, наприклад, у періоди низького стоку різко знижується природна здатність річкового потоку до розбавлення стічних вод, знижується самоочисна здатність річки, тощо.

Для дослідження внутрішньорічного розподілу стоку використано матеріали спостережень Державної Гідрометеорологічної служби України за водним режимом річок Житомирського Полісся за період з 1981 р. по 2000 р. [80].

На рис.3.11. представлено гідрографи водного стоку вибраних річок регіону, які побудовані за осередненими за даний період місячними характеристиками водного стоку. Аналізуючи дані графіки можна зробити висновок, що сезонні зміни природних умов проявляються досить чітко у характері гідрологічного режиму. Весняна повінь на цих річках триває з березня по травень. В цей сезон проходить 40-60% річного стоку. З червня по

серпень триває літня межінь, річки в цей час переходять переважно на підземне живлення. Стік деяких з них, особливо малих річок, як, наприклад, р. Ірша в створі смт Володарськ-Волинський (рис.3.11) може різко знизитись до кількох десятків м<sup>3</sup>/с.

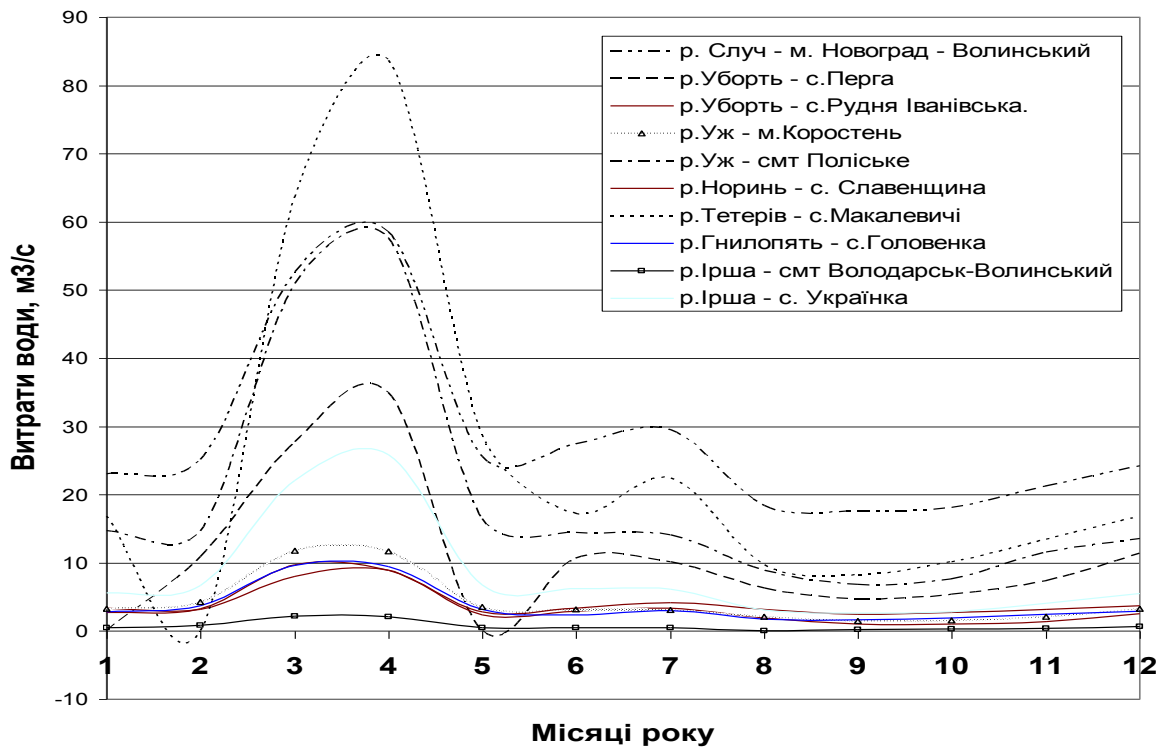


Рис. 3.11 Гідрографи водного стоку річок Житомирського Полісся

Літня межінь є сезоном низьких витрат води. Однак, завдяки інтенсивному зволоженню в цей період формуються літні дощові паводки і частка цього сезону у внутрішньорічному розподілі стоку може досягати 12-15 %.

В осінню межінь (вересень-листопад) стік води незначний, в середньому складає 15% річного, однак з року в рік він може значно змінюватись в залежності від умов зволоження. Стік зимового сезону (грудень - лютий)



досягає 20-25% річного. Він дещо вищий від стоку в літню та осінню межінь, тому що до підземного живлення в цей сезон додається ще і снігове живлення (танення снігу під час відлиг).

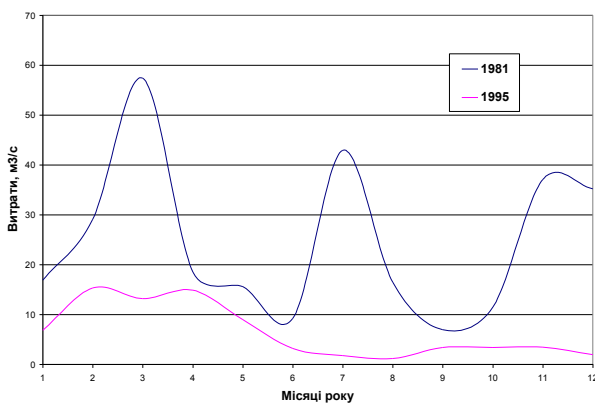
Узагальнюючи результати дослідження, можна встановити фази гідрологічного року та визначити їх межі таким чином:

- весняне водопілля (фаза підйому весняного водопілля: розпочинається в кінці лютого, або на початку березня і триває до середини квітня; фаза спаду хвилі весняного водопілля: від середини квітня до кінця травня);

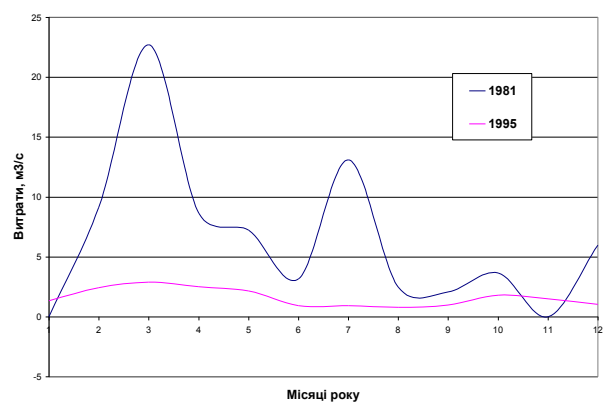
- літня межінь з літніми паводками: червень – серпень;
- осіння межінь: вересень-листопад;
- зимова межінь: грудень - лютий.

Слід підкреслити, що виявлений характер зміни водності досліджуваних річок співпадає з даними раніше виконаних досліджень [81].

Особливості внутрішньорічного розподілу стоку у роки з аномальними умовами зволоження, в так звані багатоводні та маловодні роки показана на рис. 3.12.



Р.Уборть - Перга



р. Ірша – с. Українка

Рис. 3.12 Особливості внутрішньорічного розподілу стоку в багатоводні та маловодні роки

Стік багатоводного року охарактеризований за даними 1981 р., а маловодного - за даними 1995 р. Розподіл стоку у багатоводні роки характеризується потужною хвилею весняної повені та ще двома хвилями літніх паводків і зимових паводків, що викликані таненням снігу та дощовими опадами на сніговий покрив.

Розподіл стоку у маловодні роки невиразний – виділяється лише весняна повінь. В останні роки (маловодна фаза нового циклу водності) на фоні закономірного поступового зменшення водного стоку річок відбувається критичне зниження рівнів та витрат води під час літньої межени (рис.3.13, 3.14), особливо у посушливі роки (2003 р., 2010р., 2011 р.), що викликає серйозне занепокоєння у спеціалістів водного господарства та населення області.

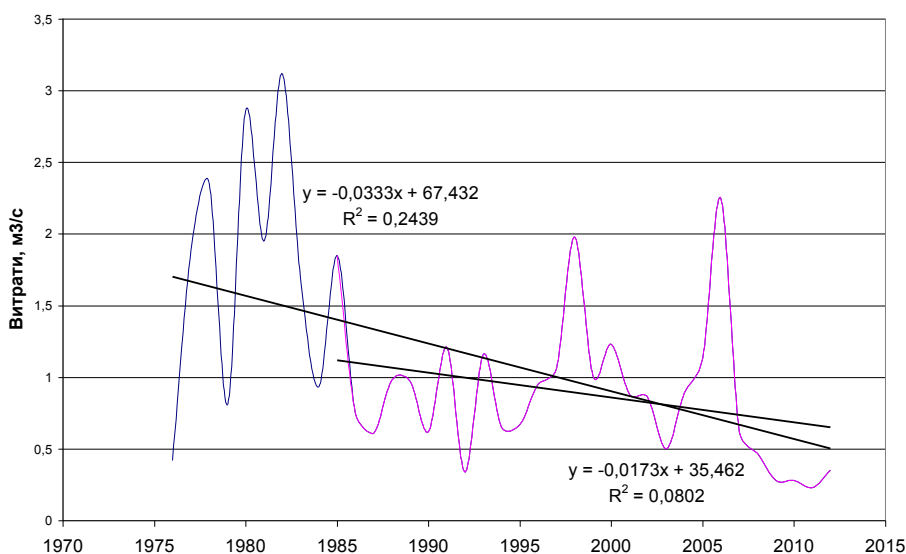


Рис. 3.13 Зміна мінімальних витрат води р. Гнилопять біля с.Головенка під час літньої межени (тренди розраховані для періодів 1975-2012 рр. та 1985-2012 рр.).

Таким чином, при дослідженні гідрохімічного режиму річок, потрібно звертати увагу на виявлені особливості внутрішньорічного розподілу їх стоку.

Згідно [82] в якості лімітуючого водогосподарського періоду для досліджуваних нами річок приймають літньо-осінню-зимову межінь, тобто з червня поточного року по лютий наступного року. Лімітуючим сезоном вважають літо, оскільки водозабір в літній період значно перевищує забір води з річок в інші сезони року.



Рис. 3.14 Річка Тетерів в районі с. Тригир'я під час літньої межени

Виходячи з теоретико-методологічних засад формування гідрохімічного режиму та якості води, які викладені у роботах В.І. Пелешенка, В.К.Хільчевського [83] та С.І.Сніжка [48], гідрологічний режим річки є визначальним для формування гідрохімічного режиму. Зміна водного стоку протягом року – це зміна видів живлення річки, а кожне з джерел живлення – атмосферні опади, підземні води, води від танення снігового покриву мають свій особливий хімічний склад. Саме це й закладає основу для зміни хімічного складу води річок протягом року. Крім того, в лімітуючі сезони (періоди) помітно зростає роль стічних вод. Низькі витрати води у русловому потоці малоефективні щодо розбавлення забруднювальних речовин.

Це означає, що у різні періоди (сезони) року формування хімічного складу води буде відбуватися по-різному. Тому при детальних дослідженнях слід розрізняти гідрохімічний режим весняної повені і гідрохімічний режим меженого (лімітуючого) періоду. Особливо слід звернути увагу на хімічний склад та якість води під час лімітуючого літнього сезону.

#### 3.4. Встановлення розрахункового періоду для дослідження сучасного гідрохімічного режиму з урахуванням водності

Однією з основних задач даної роботи є дослідження сучасного гідрохімічного режиму річок Житомирського Полісся, який встановився в пострадянський період розвитку економіки незалежної України. Відомо, що поряд з господарськими чинниками забруднення поверхневих вод, значну роль у формуванні їх гідрохімічного режиму і, особливо, річок, відіграє водний стік. В попередніх розділах 3.1 - 3.3 було показано багаторічну і сезонну неоднорідність водного стоку досліджуваних річок, а це означає, що при зміні величини водного стоку змінюється і розбавляюча і самоочисна здатність річкового потоку. Отже, проводячи дослідження гідрохімічного режиму завжди необхідно враховувати цей чинник впливу. Період для дослідження потрібно вибирати такий, щоб протягом нього спостерігалось кілька повних циклів водності, які відповідно включають однакову кількість маловодних і багатоводних фаз.

Згідно розрахунків у розд.3.1. даної роботи сучасний період спостережень, який розпочинається з 1991 р. характеризується тим, що повний 22-річний цикл водності закінчився в 2004 році, а новий цикл розпочався з маловодної фази в 2005 р. Отже, виникає задача встановлення для дослідження гідрохімічного режиму коротшого репрезентативного періоду, який би

включав у себе однакову кількість «вологих» та «сухих» років і забезпечував би створення репрезентативних вибірок гідрохімічних даних.

Для вирішення цієї задачі було використано дані спостережень щоденних витрат води в замикаючому створ р. Тетерів (сmt Іванків) протягом 1991 - 2011 рр.

У гідрології репрезентативність рядів даних (статистичних вибірок) досягається не тільки за рахунок тривалості періоду спостережень за який формується вибірка, а й шляхом врахування генетичних особливостей формування річкового стоку протягом періоду дослідження. Тобто вона забезпечується врахуванням особливостей багаторічної динаміки водного стоку. Особлива увага приділяється включенню в розрахункову вибірку даних однакової кількості маловодних і багатоводних періодів [68].

Отже, маючи багаторічні ряди гідрологічних та метеорологічних спостережень за 1991-2011 рр. стосовно басейну р.Тетерів, необхідно, в першу чергу, виявити та виділити маловодні та багатоводні періоди, які спостерігалися протягом цього часу. Подальше попарне об'єднання цих періодів, дозволить сформувати вибірки з однаковою ймовірністю присутності значень гідрологічних чи метеорологічних характеристик різних діапазонів – від мінімальних до максимальних. Такі вибірки можуть бути використані в подальшому в якості репрезентативних розрахункових періодів.

Загальний вигляд графіка водності р.Тетерів у створі сmt Іванків представлено на рис. 3.15.

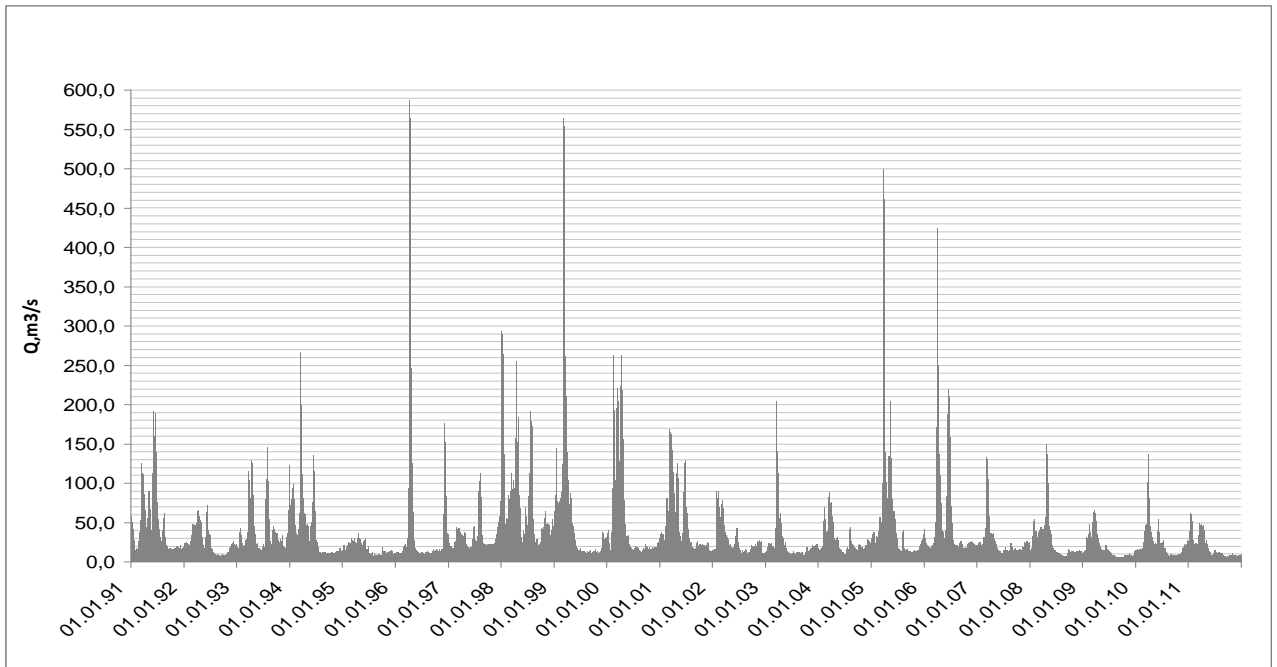


Рис. 3.15 Багаторічна мінливість водного стоку р.Тетерів у створі смт Іванків за 1991-2011 рр. (за даними розрахунку щоденних витрат води)

Для дослідження циклічності коливань стоку використовуються різні методи, зокрема, методи інтегральних і подвійних інтегральних кривих, різницево-інтегральних кривих, метод ковзного осереднення, автокореляційний та спектральний аналізи.

Оскільки жоден з цих методів не позбавлений певних недоліків, які призводять до викривлення результатів досліджень [71], ми використали досить простий але ефективний метод інтегральних кривих. Він дозволяє виявляти моменти порушення однорідності часових рядів та обґрунтовувати вибір маловодних та багатоводних періодів стоку, чи сухих та вологих кліматичних періодів. Цей метод, не зважаючи на його простоту, донині використовується в доволі серйозних міжнародних дослідженнях .

Для дослідження можливих моментів порушення водного стоку та виділення маловодних та багатоводних періодів використано багаторічний ряд (1991-2011 рр.) щоденних витрат води р. Тетерів у найбільш наближеному до

гирла створі – в районі смт Іванків. За даними цих спостережень було побудовано інтегральну криву типу  $\Sigma Q = f(t)$ , де  $\Sigma Q$  - наростаюча в часі сума величин витрат води (рис. 3.16).

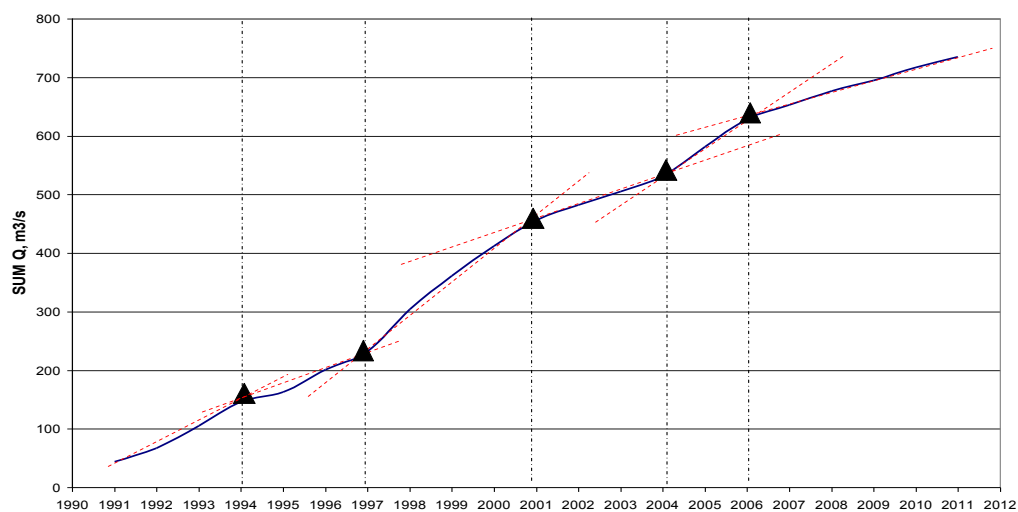


Рис. 3.16 Інтегральна крива щоденних витрат води р. Тетерів в створі смт Іванків (1991-2011 рр.) та її графічний аналіз.

В процесі графо-візуального аналізу виділено 5 моментів порушення однорідності даного ряду: 1994, 1997, 2001, 2004 та 2006 рр. Це дозволило виділити шість часових періодів тривалістю 2-5 років та розрахувати статистичні параметри рядів сформованих в межах цих періодів (табл.3.11.). Зокрема, нами було розраховано за допомогою програми «Statistica 8,0» для кожного періоду такі параметри: величина вибірки (N), середнє значення витрат (норма стоку (Mean), медіана (Median), мінімальне (Min) та максимальне (Max) значення: характерні для маловодних та багатоводних років розрахункові витрати  $P_{95\%}$  та  $P_{5\%}$  забезпеченості, стандартне відхилення(SD), коефіцієнт варіації (CV), коефіцієнт асиметрії (A), коефіцієнт ексцесу (E).

Таблиця 3.11

**Статистичні параметри рядів щоденних витрат води р. Тетерів за окремі характерні періоди водності протягом 1991-2011 рр.**

Період	N	Years	Mean	Median	Min	Max	P <sub>95%</sub>	P <sub>5%</sub>	SD	CV	A	E
1991-1994	1461	4	36,62	23	7,08	266	8,97	111	34,67	94,65	2,47	7,49
1995-1997	1096	3	28,57	19,1	7,02	587	8,71	78,9	47,33	165,65	7,23	64,99
1998-2001	1461	4	56,08	29,6	9,58	564	12	185	65,43	116,67	3,13	14,43
2002-2004	1096	3	24,81	18,2	7,78	204	9,42	69,6	21,53	86,76	3,38	16,58
2005-2006	730	2	48,82	24,1	10,6	499	12,7	173	64,14	131,38	3,54	15,39
2007-2011	1826	5	21,36	14,9	5,4	150	6,78	54,7	18,54	86,79	2,82	11,02

Порівняння розрахованих норм стоку та деяких інших статистичних параметрів рядів за окремі часові періоди є важливою процедурою щодо прийняття рішення про виділення репрезентативних тривалих періодів водного стоку.

Статистична структура рядів спостережень за водним стоком у вигляді графіків Бокса – Вайскера за виділені характерні періоди представлена на рис. 3.16.



Рис. 3.17 Статистична структура рядів спостережень за водним стоком у вигляді графіків Бокса – Вайскера за виділені характерні періоди.



На рис. 3.18 порівнюються середні значення витрат води за виділені періоди та розраховані характерні витрати 5 та 95% забезпеченості. З рисунка чітко видно, що підвищеною водністю характеризуються такі часові періоди як 1991-1994, 1998-2001, 2005-2006. Саме в ці періоди водність річки досягала в окремі моменти часу рекордно високих величин і становила відповідно 266, 564 та 499 м<sup>3</sup>/с, що сприяло формуванню і високих розрахункових витрат води 5% забезпеченості, які характеризують періоди високої водності. Ці витрати щонайменше в 2-3 рази перевищують аналогічні розрахункові витрати маловодних періодів 1995-1997, 2002-2004, 2007-2011 рр.

Таким чином, можна з впевненістю виділити 6 характерних періодів водного стоку р. Тетерів протягом 1991-2011 рр. та класифікувати їх як маловодні та багатоводні періоди (табл.3.2).

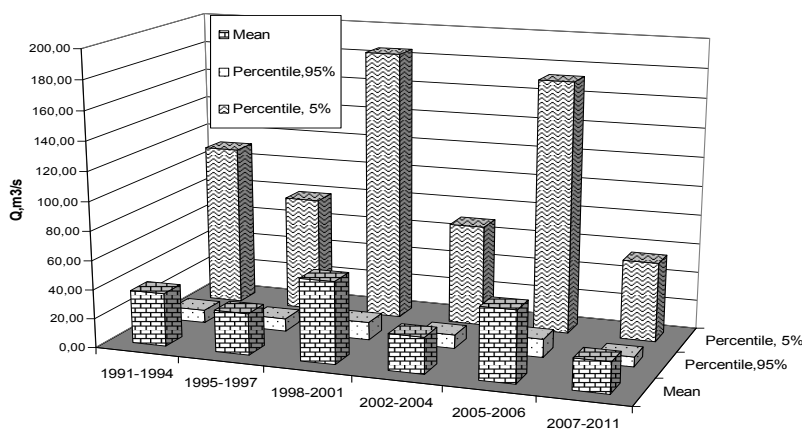


Рис. 3.18 Порівняння розрахованих характерних витрат води за виділені періоди

Враховуючи основні методичні принципи формування репрезентативних гідрологічних рядів даних [68], а саме момент включення в розрахункову вибірку даних однакової кількості маловодних і багатоводних періодів, на основі табл. 3.12 створюємо шляхом попарного об'єднання маловодних та багатоводних періодів більш тривалі розрахункові періоди, які б відповідали

критеріям репрезентативності та могли б бути використаними під час дослідження гідрохімічного режиму.

Таблиця 3.12

**Маловодні та багатоводні періоди водного стоку р. Тетерів протягом 1991-2011 рр.**

Характеристика водності	Багатоводний	маловодний	багатоводний	маловодний	багатоводний	Маловодний
Періоди	1991-1994	1995-1997	1998-2001	2002-2004	2005-2006	2007-2011
Норма стоку, м <sup>3</sup> /с	36,63	28,56	56,09	24,81	48,82	21,36

Беручи до уваги вище наведені результати аналізу вихідних даних, пропонуємо виділити два рівноцінні періоди за умовами формування стоку та за характеристиками стоку:

- період А з 1991р. по 1997 р., який включає багатоводний (1991-1994 рр.) та маловодний (1995 – 1997 рр.) періоди;
- період Б з 1998 р. по 2011 р., який включає два багатоводних (1998-2001 і 2005-2006) і два маловодних (2002-2004 і 2007-2011) періоди.

Репрезентативні періоди А та Б компонувалися шляхом об'єднання парних маловодних («сухих») і багатоводних («вологих») періодів, для того, щоб збалансувати правильне представництво усіх діапазонів величин витрат води у статистичних вибірках. У разі, якщо вибірки були складено правильно, то їх розрахункові параметри не повинні значно відрізнятися, а самі вибірки повинні бути статистично однорідними між собою.

Щоб впевнитися, що визначення періодів з точки зору їх репрезентативності виконано правильно, в табл.3.13 наводимо результати розрахунків статистичних параметрів гідрологічних рядів, які характеризують ці об'єднані періоди. Також порівнюємо їх з параметрами багаторічного ряду спостережень за 1991-2011 рр. (7670 значень).

Таблиця 3.13

**Порівняння статистичних параметрів періоду А (1991-1997 рр.) та періоду Б (1998-2011 рр.) з параметрами багаторічного ряду спостережень за 1991-2011 рр.**

Назва періоду	Роки	Кількість років	N	Mean	Median	Min	Max	P, 5%	P, 95%	SD	CV	A	E
Багаторічний період	1991-2011	21	7670	35,02	20,5	5,4	587	8,18	115	45,51	129,95	4,79	34,56
Період А	1991-1997	7	2557	33,17	21,1	7,02	587	8,94	102	40,77	122,89	5,62	51,04
Період Б	1998 – 2011	14	5113	35,94	20,1	5,4	564	7,9	121	47,68	132,66	4,48	29,27

Як видно з цієї таблиці, характеристики водного стоку за обидва періоди є дуже близькими і практично не відрізняються від статистичних параметрів багаторічного ряду спостережень. Це також підтверджується візуально графічною побудовою з використанням основних статистичних параметрів у вигляді графіків Бокса – Вайскера (рис.3.19).

Особливостями розподілу досліджуваних рядів є абсолютне домінування величин витрат води у діапазоні від 5,4 м<sup>3</sup>/с до 45м<sup>3</sup>/с (до 80% від загальної кількості спостережень). 10% величин розподіляється в інтервалі 45,0 – 80,0 м<sup>3</sup>/с, до 5% - 81,0 – 120 м<sup>3</sup>/с, 2-3% належить витратам у діапазоні від 121,0 до 160,0 м<sup>3</sup>/с. Решта значень витрат розподіляється у незначних кількостях серед решти діапазонів витрат від 161,0 до майже 600 м<sup>3</sup>/с.

Загальний вид кривої забезпеченості добових витрат води за період 1991-2011 рр. показано на рис.3.20.

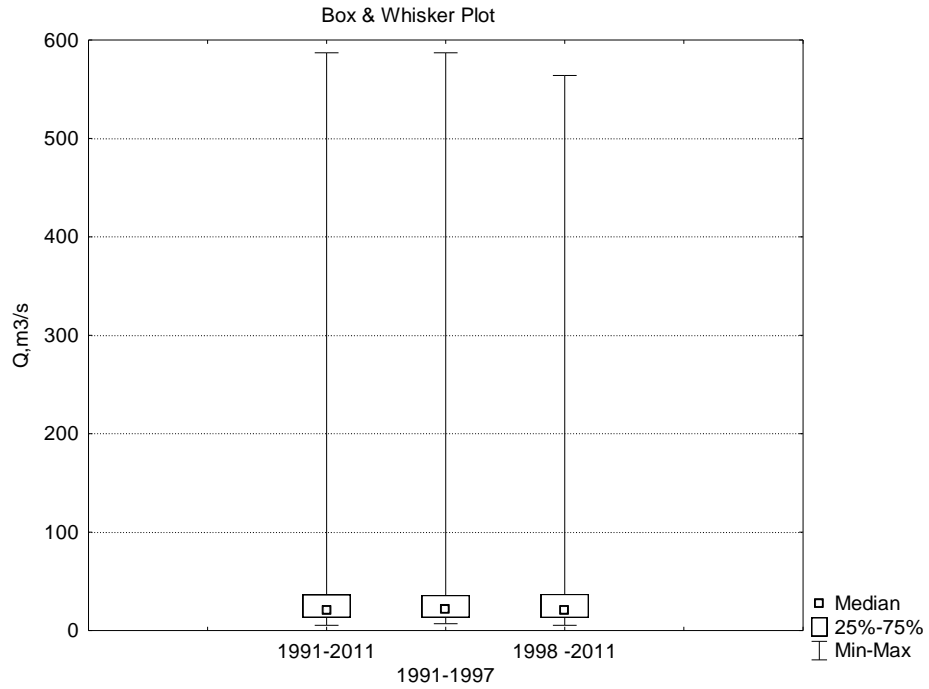


Рис. 3.19 Статистична структура періодів А, Б та багаторічного періодів у вигляді графіків Бокса – Вайскера.

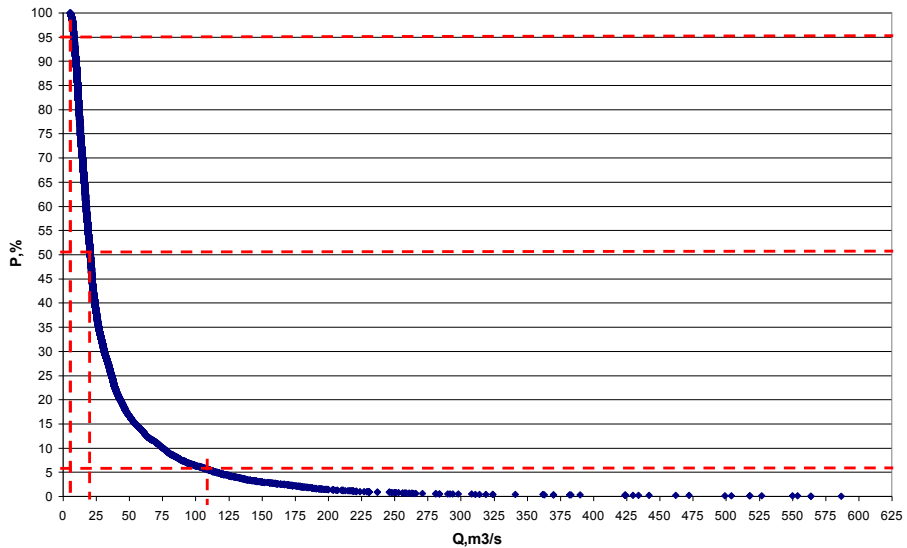


Рис. 3.20 Крива забезпеченості добових витрат води р.Тетерів в створі смт Іванків за період 1991-2011 рр.

Дана крива показує, що екстремальні значення добових витрат води у верхньому діапазоні витрат (паводки, повінь) розпочинаються з відмітки 115,0 м<sup>3</sup>/с і закінчуються відміткою близько 600 м<sup>3</sup>/с. На цей діапазон припадає 5% усіх значень. Проте катастрофічних витрат понад 221 м<sup>3</sup>/с у цій вибірці спостерігається не більше 1%.

Витрати забезпеченості 95% (маловодні меженні періоди) становлять 8,18 м<sup>3</sup>/с. На діапазон мінімальних витрат води теж припадає 5% значень ряду. Критичний екологічний і водогосподарський стан настає при витратах 99% забезпеченості. Такі витрати можливі в літній період в особливо посушливі роки. Значення витрати 99% забезпеченості становить для даного пункту і вибраного часового періоду 6,6 м<sup>3</sup>/с. Частка витрат, які дорівнюють і менші від цієї величини становить 1%. Тобто, за період спостережень з 1991р. по 2011 р. (7670 значень) критичні ситуації виникали щонайменше 77 разів (діб).

Візуальний порівняльний аналіз емпіричних розподілів добових витрат води р.Тетерів в створі смт Іванків за різні часові періоди показав ідентичність їх структури. Відмінностей у розподілі не виявлено. Це дозволяє нам використати даний аргумент як додаткове підтвердження правильно вибраних репрезентативних часових періодів.

Отже, провівши ряд статистичних та аналітичних розрахунків для щоденних даних, використовуючи різні методи, ми виділили два аналогічних за умовами формування стоку періоди в межах 1991-2011 роках, які можна використовувати для проведення порівняльних досліджень гідрохімічного режиму практично нівелюючи при цьому вплив водного стоку на формування концентрацій розчинених речовин у першому, чи у другому періоді.

В той же час, період 1991-2011, як такий, що містить у своїй структурі три короткотривалі багатоводні та три маловодні періоди, може бути використаний цілком в якості розрахункового періоду для дослідження сучасного гідрохімічного режиму річок Житомирського Полісся.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.

1. Встановлено багаторічні особливості водного стоку з виділенням його фазово-циклічної структури. Протягом періоду надійних гідрометричних вимірювань (1950-2012 рр.) встановлено три повних цикли водності тривалістю 22, 11 і 22 роки, кожен з яких включає маловодну та багатоводну фазу різної тривалості.

2. Розраховано статистичні параметри рядів водного стоку та уточнено багаторічні норми стоку з урахуванням фазово-циклічної структури рядів гідрологічних спостережень. Показано, що норми стоку в окремі фази, і навіть періоди, суттєво відрізняються між собою. Цей факт необхідно враховувати при виборі порівняльних періодів для водогосподарських, гідрохімічних та прогнозних гідрологічних розрахунків.

3. Аналіз багаторічної динаміки водного стоку шляхом виділення часових трендів та їх оцінки за допомогою критерія Манна-Кенделла дозволив встановити, що статистично значимих змін водного стоку річок Житомирського Полісся протягом багаторічного періоду не виявлено. В той же час для короткотривалих циклів водності встановлені статистично значимі тренди, їх направленість залежить від порядку чергування багатоводної і маловодної фаз водності.

4. Найкращий результат апроксимації часового ходу водності за багаторічний період отримано у випадку використання поліноміальної моделі 6 порядку, яка в однаковій мірі описує і періоди зростання (багатоводні періоди) і періоди спадання водності (маловодні періоди).

5. Встановлено, що характер внутрішньорічної зміни водності досліджуваних річок загалом відповідає раніше виявленим регіональним закономірностям, проте відмічаються значні розбіжності у розподілі стоку за місяцями гідрологічного року у багатоводні і у маловодні роки. У багатоводні

роки (наприклад у 1981 р.) стік характеризується потужною хвилею весняної повені та ще двома хвилями літніх і зимових паводків, що викликані таненням снігу та дощовими опадами на сніговий покрив. Розподіл стоку у маловодні роки невиразний – виділяється лише весняна повінь. В останні роки (маловодна фаза нового циклу водності) відбувається критичне зниження рівнів та витрат води, під час літньої межени, особливо у посушливі роки (2003 р., 2010р., 2011 р., 2015 р.), що викликає серйозне занепокоєння у спеціалістів водного господарства та населення.

б. Обґрунтовано вибір періоду 1991-2011рр. для дослідження сучасного гідрохімічного режиму річок Житомирського Полісся, як такий, що містить у своїй структурі три короткотривалі багатоводні та три маловодні періоди, що дозволяє нівелювати вплив водного стоку при розрахунку середніх концентрацій розчинених речовин за багаторічний період.

## РОЗДІЛ 4

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ РІЧОК ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

#### 4.1. Загальна характеристика хімічного складу води річок

Хімічний склад води річок Житомирського Полісся є характерним для зони мішаних лісів. Він сформувався на протязі тривалого часу еволюції поверхневих вод цього регіону, в основному, під впливом природних чинників [84]. Хоча в останні десятиліття у воді з'явилися нові хімічні сполуки, нехарактерні для природних вод. Вони надходять у гідросферу різними шляхами і є, головним чином, продуктами органічного синтезу, наприклад, засоби захисту рослин [85]. В той же час можна помітити зростання забруднення вод і неорганічними речовинами [86].

Порівняно велика кількість опадів у цьому регіоні зумовила значну промитість ґрунтів і порід, їх бідність на мінеральні компоненти [87]. Саме через це ще багато річок на ділянках течій без прямого антропогенного впливу, мають невисоку мінералізацію води, часто до 300 мг/дм<sup>3</sup>. В той же час під впливом господарської діяльності (скид стічних вод тощо) мінералізація води річок може значно зростати (500-1000 мг/дм<sup>3</sup>).

Для характеристики хімічного складу води досліджуваних річок було використано матеріали багаторічних спостережень за хімічним складом води в пунктах Гідрометслужби України. Розраховані середні багаторічні значення концентрацій головних іонів хімічного складу  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  та їх суми ( $\Sigma i$ ) представлено в Додатку Д.

Загальна мінералізація води досліджуваних річок за середніми значеннями коливається від 234,9 до 598,9 мг/дм<sup>3</sup> (рис.4.1). Найменша



величина мінералізації характерна для р. Уж (вище м. Коростень). Найбільша - для р. Гнилоп`ять (нижче міста).

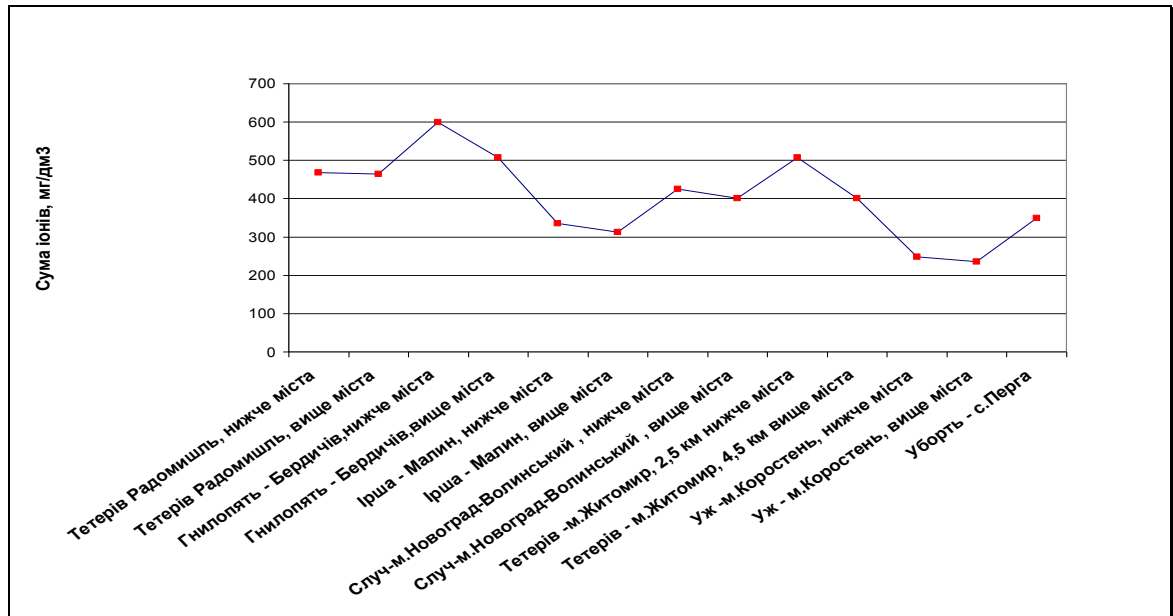


Рис. 4.1 Характеристика розчинених у річковій воді мінеральних солей за величиною суми іонів

Найбільший вміст розчинених у воді солей протягом періоду спостережень був відмічений в створі р. Гнилоп`ять – нижче м.Бердичева. Він склав  $1250 \text{ мг/дм}^3$  і спостерігався під час низьких витрат води у річці під час зимової межені, тобто в той момент, коли розбавляючі здатність річки мала мінімальну величину.

За класифікацією О.О.Алекіна [88] води досліджуваних річок за величиною мінералізації попадають в діапазон природних вод з середньою мінералізацією ( $200\text{-}500 \text{ мг/дм}^3$ ). Як виняток, у місцях з посиленням антропогенним навантаженням на річкові системи можуть спостерігатися води з підвищеною мінералізацією. Це, зазвичай, місця скиду стічних вод, які розміщені нижче міст регіону. За середнім значенням лише в створі р.

Гнилопять – нижче м. Бердичева вода має підвищену мінералізацію. Але підвищення мінералізації регулярно спостерігається практично у всіх контрольних створах, що розміщені нижче скидів стічних вод, особливо у меженні періоди гідрологічного року. В цих місцях періодично може спостерігатися підвищена (500 – 1000 мг/дм<sup>3</sup>), або і висока мінералізація води (понад 1000 мг/дм<sup>3</sup>), про що свідчать дані наших розрахунків (табл.4.1).

Рис. 4.2. є хорошою ілюстрацією впливу стічних вод на підвищення мінералізації річкових вод: протягом 1989-2012 рр. вміст розчинених солей у воді р. Тетерів нижче м. Житомира на 50-200 мг/дм<sup>3</sup> стабільно перевищував їх вміст у створі вище міста.

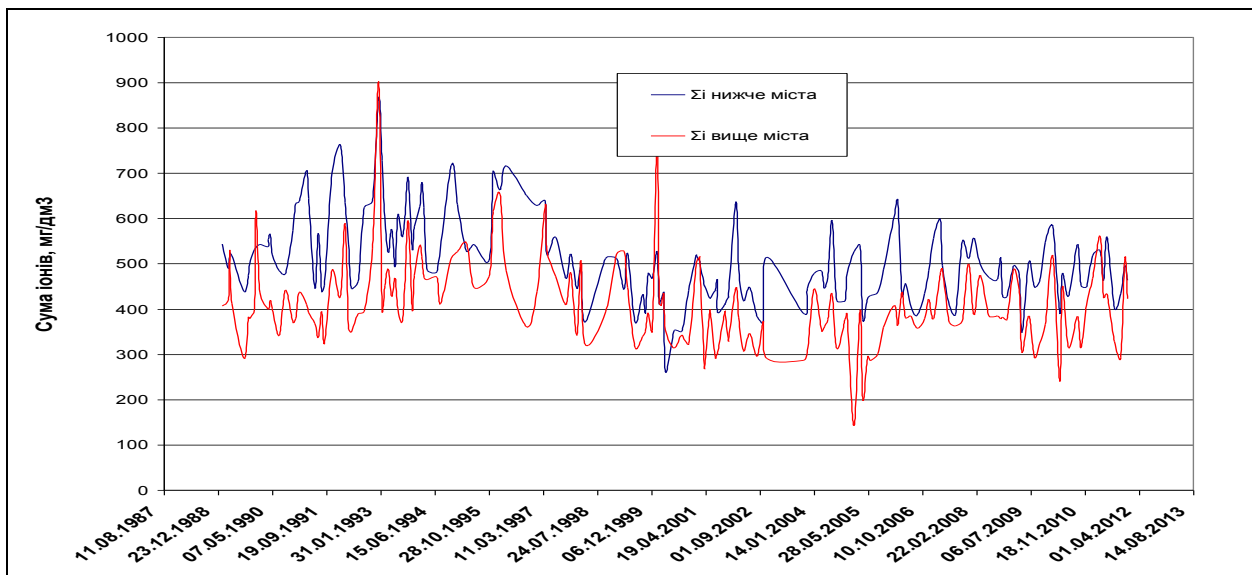


Рис. 4.2 Порівняння вмісту розчинених солей у воді р. Тетерів – м. Житомир вище і нижче міста за величиною суми іонів

У сольовому складі води домінують іони  $Ca^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl$ ,  $HCO_3^-$ . За переважанням серед аніонів іону  $HCO_3^-$ , а серед катіонів іону  $Ca^{2+}$  води річок характеризуються як гідрокарбонатно-кальцієві. Порівняльний аналіз вмісту головних компонентів катіонного та аніонного складу наведена на рис.4.3.

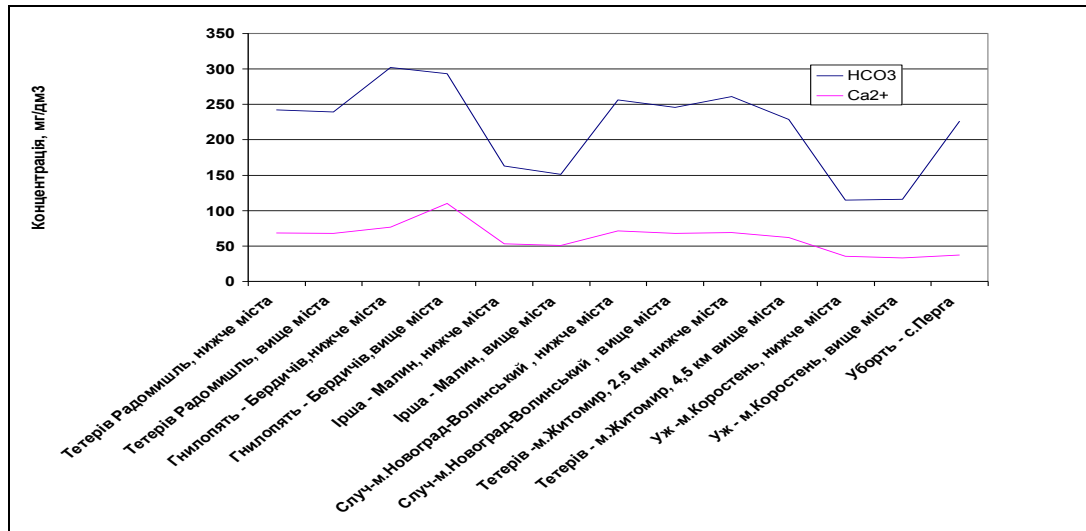


Рис. 4.3. Порівняльний аналіз вмісту головних компонентів катіонного та аніонного складу

На рис. 4.4. для порівняння наведено середні концентрації другорядних за величинами концентрацій аніонів та катіонів розчинених у воді солей природного та антропогенного походження:  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ .

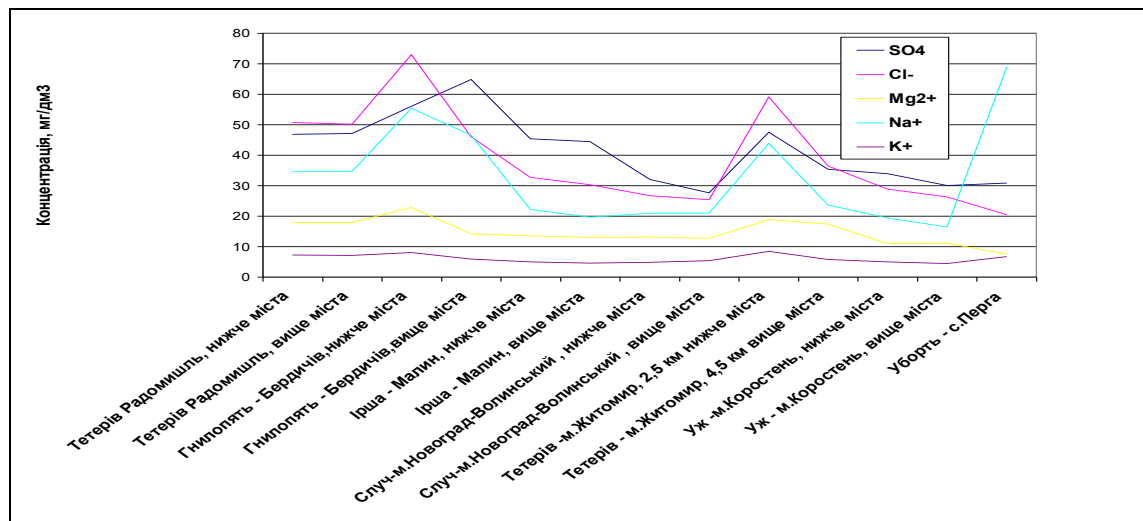


Рис. 4.4 Середні концентрації другорядних за величинами концентрацій аніонів та катіонів розчинених у воді солей  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$

Представлені вище дані свідчать про значну відмінність вмісту головних іонів у воді різних річок, чи навіть ділянок річок. Причиною цього є

нерівномірність співвідношення між впливом на формування хімічного складу води природних і антропогенних чинників. Там де вплив антропогенних чинників переважає – помітно зростає і вміст головних іонів, особливо іонів так званого антропогенного походження  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ .

Внесок гідрокарбонатів у загальну мінералізацію досить високий 50-55%. На другому місці за цим показником стоїть кальцій - до 15%. Значна частка мінералізації формується за рахунок іонів  $SO_4^{2-}$  і  $Cl$ . Їх вклад у мінералізацію коливається відповідно в межах 9-14% та 5-12%. Ці іони речовини надходять у річкові води не тільки природним шляхом, але й за рахунок господарської діяльності людини, тому можуть бути використані у гідрохімічних дослідженнях як показники-індикатори господарського впливу на хімічний склад річкових вод. Так, навіть вибіркові дані, свідчать про існування антропогенного впливу на формування  $SO_4^{2-}$  та  $Cl$  у воді.

Представлені нижче графіки Бокса – Вайскера для характеристики вмісту  $SO_4^{2-}$  у воді річок свідчать, що при незначній розбіжності їх середніх концентрацій (20 - 50 мг/дм<sup>3</sup>), максимальні концентрації в створах нижче скидів стічних вод можуть в 3-5 разів перевищувати цей рівень (рис.4.5).

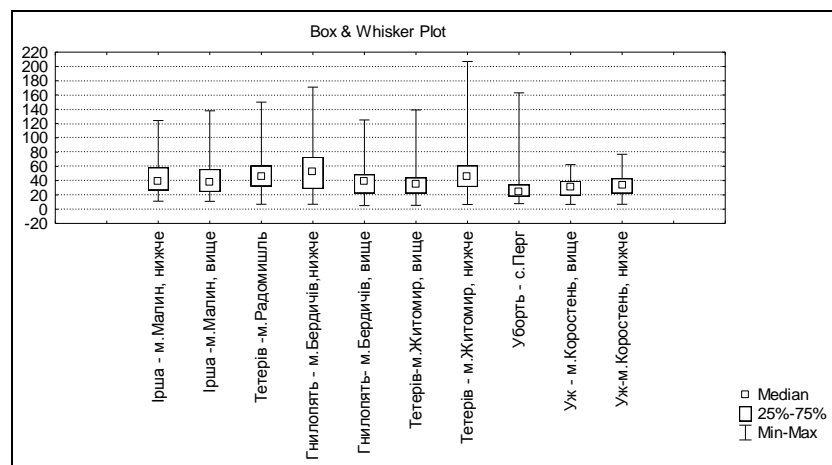


Рис. 4.5 Сердній вміст (медіана) та межі коливань концентрацій сульфат-іонів у воді річок

Для характеристики співвідношення між головними іонами хімічного складу води річок нами були побудовані діаграми хімічного складу води (Додаток Е). Вони дозволяють оцінити гідрохімічний тип води за переважаючими іонами та ступінь антропогенного впливу на склад води, порівнюючи діаграми для створів нижче і вище міст.

Так, наприклад, у створі р. Тетерів нижче м. Житомира чітко видно збільшення частки хлорид-іону до 19,1% у порівнянні з створом вище міста, де його частка складала лише 11,8 %. Вміст натрій-іону теж зріс від 21,7 до 31,4%.

Така ж ситуація характерна і для інших порівняльних створів, розміщених вище і нижче джерел забруднення.

Аналізуючи дані представлені в Додатку Е, можна зробити висновок про трансформацію іонного складу води під впливом антропогенних точкових джерел забруднення. При збереженні гідрокарбонатно-кальцієвого складу води відбувається збільшення іонів змішаного та антропогенного походження, що в перспективі може привести до зміни типу води на гідрокарбонатно-хлоридний кальцієво-магнієвий.

Біогенні речовини, вміст яких у природних водах контролюється за розчиненими мінеральними іонними формами сполук азоту ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), фосфору ( $\text{PO}_4^{3-}$ , Рмін) та кремнію (Si) мають надзвичайно важливе значення для екосистем водних об'єктів. Недостатній вміст цих речовин характерний для оліготрофних водойм; їх надлишок викликає негативні процеси евтрофікації водних об'єктів.

У природні води біогенні речовини попадають головним чином при розпаді тваринних і рослинних організмів, життєдіяльність яких протікає у водному середовищі, з поверхні водозбору та зі скидними водами. Концентрація біогенних речовин у воді незначна, але саме ці елементи

визначають рівень біопродуктивності водних об'єктів і таким чином обумовлюють якість їх води [37].

Вміст біогенних речовин у воді річок розрахований нами за багаторічний період спостережень наведено в Додатку Ж.

Важливе значення для оцінки якості води має знання вмісту іонів амонію ( $\text{NH}_4^+$ ) та нітрит-іону ( $\text{NO}_2^-$ ). Іон амонію з'являється у воді внаслідок розчинення у ній аміаку – продукту розкладу органічних азотовмісних речовин. Концентрація  $\text{NH}_4^+$  в незабруднених поверхневих водах складає, як правило, соті долі  $\text{мгN/дм}^3$  і підвищується до  $0,5 \text{ мгN/дм}^3$  [37].

Іон  $\text{NH}_4^+$  нестійкий, він швидко окислюється до нітритів і нітратів. Підвищений вміст амонію свідчить про анаеробні умови формування хімічного складу води і про її незадовільну якість. Підвищення концентрації  $\text{NH}_4^+$  часто спостерігається у водних об'єктах у місцях скиду стічних вод .

Концентрація  $\text{NO}_2^-$  у воді в природних умовах дуже незначна (тисячні долі  $\text{мгN/дм}^3$ ). Підвищена концентрація нітритів свідчить про інтенсивний розклад органічних речовин і затримку окислення  $\text{NO}_2^-$  до  $\text{NO}_3^-$ , що чітко свідчить про забруднення водойми.

Фосфор є одним із найважливіших біогенних елементів, регулятором продуктивності водойм. Забрудненню поверхневих вод фосфором сприяє надходження комунальних стічних вод, що містять поліфосфати, як компоненти миючих засобів.

Концентрація мінерального фосфору (фосфатів) в природних водах складає звичайно соті і тисячні долі  $\text{мг/дм}^3$ , а в забруднених водах до декількох  $\text{мг/дм}^3$ . Вміст фосфору у воді має сезонний характер коливань і залежить від співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу та біохімічного розкладу органічних речовин. Оцінка вмісту фосфору у природних водах має велике значення для визначення існуючої та потенційної продуктивності водойм.

Зростання ж біопродуктивності водойм через надходження фосфору веде до їх евтрофікації та різкого погіршення якості води.

Порівняльний аналіз вмісту амонійного азоту ( $\text{NH}_4^+$ ) у воді досліджуваних річок за середніми значеннями його концентрацій свідчить, що найбільші його концентрації спостерігаються у місцях скиду стічних вод, особливо нижче міст Житомир та Бердичів(рис.4.6).

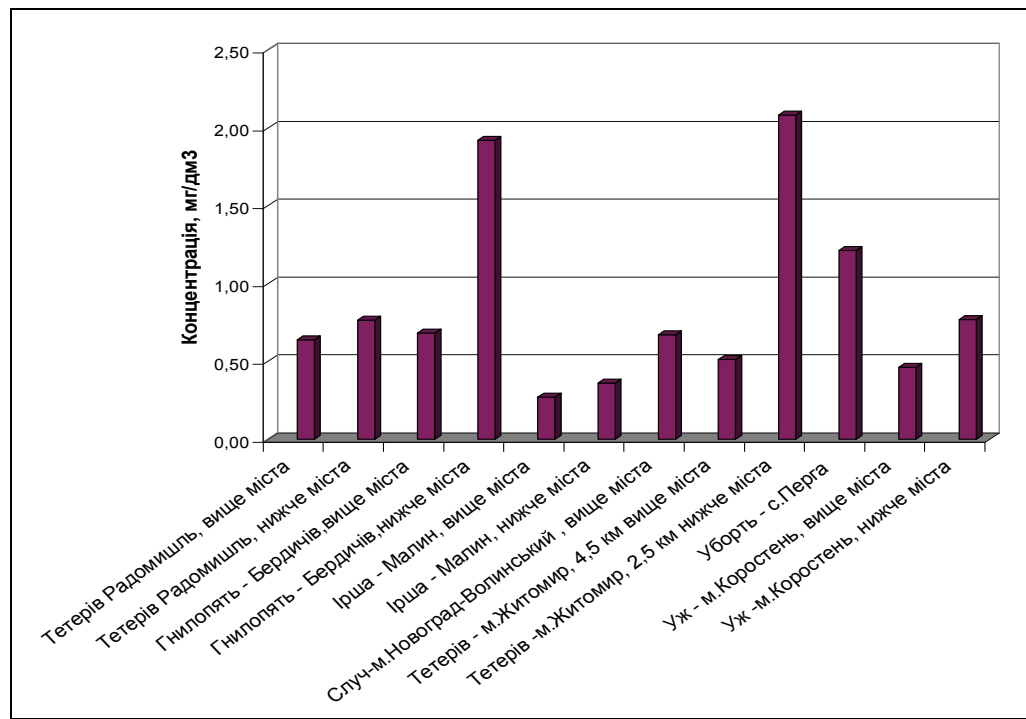


Рис. 4.6 Середні значення концентрацій амонійного азоту ( $\text{NH}_4^+$ ) у воді досліджуваних річок

Якщо порівняти вміст  $\text{NH}_4^+$  з його гранично допустимими концентраціями у природних водах ( $0,5 \text{ мг/дм}^3$ ), то стає зрозумілим, що навіть за середніми значеннями у більшості створів спостерігається перевищення допустимих норм. Для вказаних вище міст величина перевищення ГДК досягає 4, більш ніж вдвічі спостерігається перевищення для р. Перга. Слід, однак,

вказати на різні причини цієї проблеми. В першому випадку маємо справу з антропогенним чинником (скиди стічних вод), у другому випадку з природним – живлення річки болотними водами з високим вмістом органічних та біогенних речовин.

За середніми значеннями концентрація  $\text{NH}_4^+$  не перевищує ГДК лише в трьох пунктах спостережень на р. Ірші та р. Уж (вище м. Коростеня).

За максимальними концентраціями перевищення ГДК може досягати у окремих випадках, що пов'язані з аварійними ситуаціями на підприємствах очищення стічних вод до 40-50 разів (табл.4.2).

Це дає нам підставу зробити висновок, що скидання стічних вод є одним із основних причин погіршення природної якості води річок Житомирського Полісся.

Концентрація  $\text{NO}_2^-$  у воді в природних умовах дуже незначна (тисячні долі  $\text{мгN/дм}^3$ ). Підвищена концентрація нітритів свідчить про інтенсивний розклад органічних речовин і затримку окислення  $\text{NO}_2^-$  до  $\text{NO}_3^-$ , що чітко свідчить про забруднення водойми.

Що стосується вмісту нітрат-іону ( $\text{NO}_3^-$ ) у воді річок, то його вміст у воді з точки зору оцінки якості води застережень не викликає (табл.4.2), адже ГДК для цього показника встановлена на рівні  $50 \text{ мг/дм}^3$ .

Фосфор є одним із найважливіших біогенних елементів, регулятором продуктивності водойм. Він надходить у води в результаті процесів життєдіяльності і посмертного розкладу водних організмів, вивітрювання і розчинення порід і мінералів (апатити і фосфорити). Забрудненню поверхневих вод фосфором сприяє надходження комунальних стічних вод, що містять поліфосфати як компоненти миючих засобів, фотореагенти та пом'якшувачі води. За досліджений період у воді досліджуваних річок вміст фосфору коливався в межах від 0 до  $3,0 \text{ мг/дм}^3$  (табл. 4.2). Найбільші концентрації спостерігалися в створах нижче міст, що становить значну



загрозу для екологічного стану водних об'єктів. Адже вже при концентраціях фосфору  $0,5 \text{ мг/дм}^3$  у водоймах може розпочатися процес антропогенного евтрофування і подальше погіршення якості води.

Важкі метали (As, Cd, Cr, Co, Fe, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Ag, Zn) у вітчизняній гідрохімічній літературі відносяться до групи мікроелементів, враховуючи їх низькі концентрації у природних водах (мікрограмовий діапазон концентрацій).

У природних водах важкі метали зустрічаються у вигляді завислих речовин, колоїдів (гідроксиди металів), у формі комплексів, утворених з гуміновими та іншими органічними кислотами.

Важкі метали входять до складу сполук зі специфічними функціями: ферментів, вітамінів, гормонів. Ці сполуки активно впливають на зміну активності процесів обміну речовин у живих організмах. Саме через це вміст важких металів у воді нормується, адже збільшення їх концентрацій може викликати порушення біологічних процесів у живих організмах і призвести до їх захворювань, часто хронічних, а то й до загибелі [89].

Нами досліджено вміст наступних важких металів у воді досліджуваних річок: Fe заг., Cu, Mn, Zn, та Cr 6+ (Додаток 3).

Оскільки переважна більшість річок Житомирського Полісся в тій чи іншій своїй частині протікає у межах Українського кристалічного щита, де виходять на поверхню або залягають близько до денної поверхні та перекриті бідними осадовими породами водно-льодовикового походження супіщаного і піщаного гранулометричного складу кристалічні породи, граніти, габро, габронорити із відносно невеликими запасами мікроелементів, води цих річок у період літньо-осінньої межени містять невисокі концентрації Cu, Pb, Cd, Zn, Co, Ni. Виняток становлять лише Mn і Fe, вміст яких перевищує гранично допустиму концентрацію в 1,2–6,8 рази і 1,5–12,3 рази відповідно. Це можна пояснити природними причинами, а саме: 1) перетворенням первинних

мінералів у вторинні, в результаті чого відбувається вивільнення сполук заліза і марганцю; 2) вимиванням Fe і Mn із залізо-марганцевих конкрецій, значна кількість яких міститься в ілювіальному горизонті дерново-підзолистих ґрунтів, якими переважно й представлена досліджувана територія [53].

Для порівняння вмісту важких металів у воді річок за даними таблиці побудовано графіки (рис.4.7-4.10), які дають можливість порівняти вміст важких металів у воді різних річок та різних ділянок їх течій.

З рис.4.7 видно, що середні концентрації Fe у воді річок характеризуються діапазоном 0,1-0,3 мг/дм<sup>3</sup>, за виключенням р. Уборть, де навіть середнє значення концентрації досягає рекордної для цього регіону величини – 0,64 мг/дм<sup>3</sup>, що пов'язано з відмінними від інших річок умовами формування хімічного складу води цієї річки, що протікає в межах поширення болотних масивів.

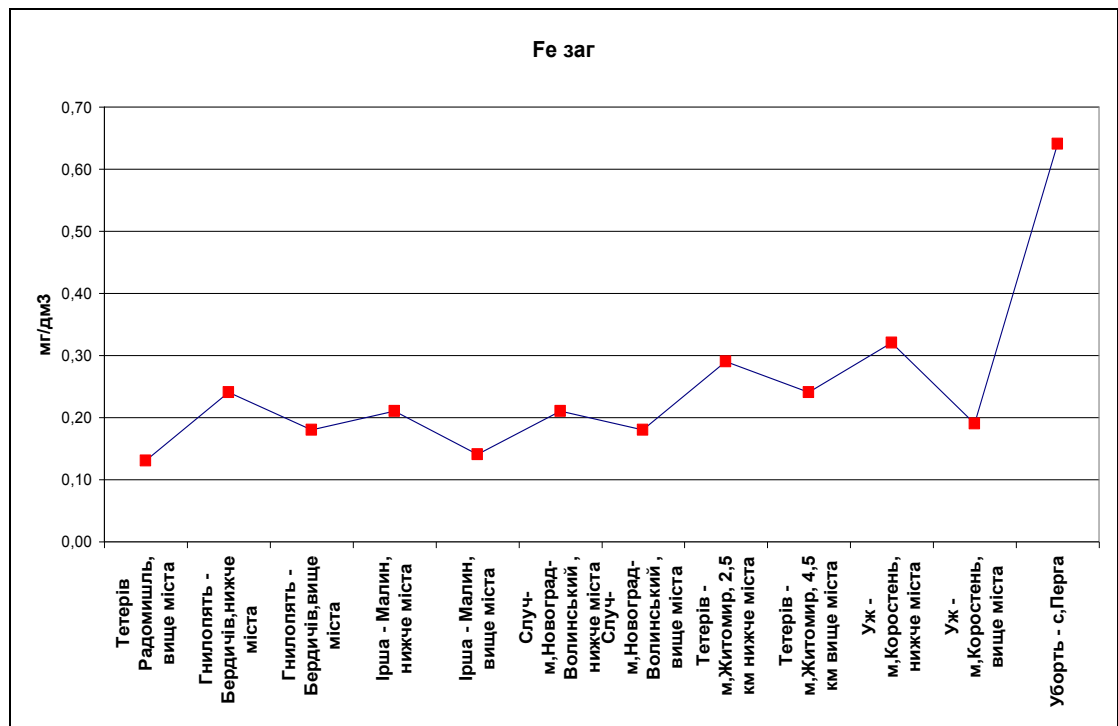


Рис. 4.7 Середні концентрації Fe у воді досліджуваних річок

На рис 4.8 показано динаміку середніх концентрацій Zn та Mn у воді досліджуваних річок. Найбільші концентрації цих металів характерні для

ділянок річок нижче скидів стічних вод, тобто нижче міст Малина, Житомира. Характерно, що підвищений вміст Zn та Mn спостерігається у воді р. Тетерів і в створі вище міста.

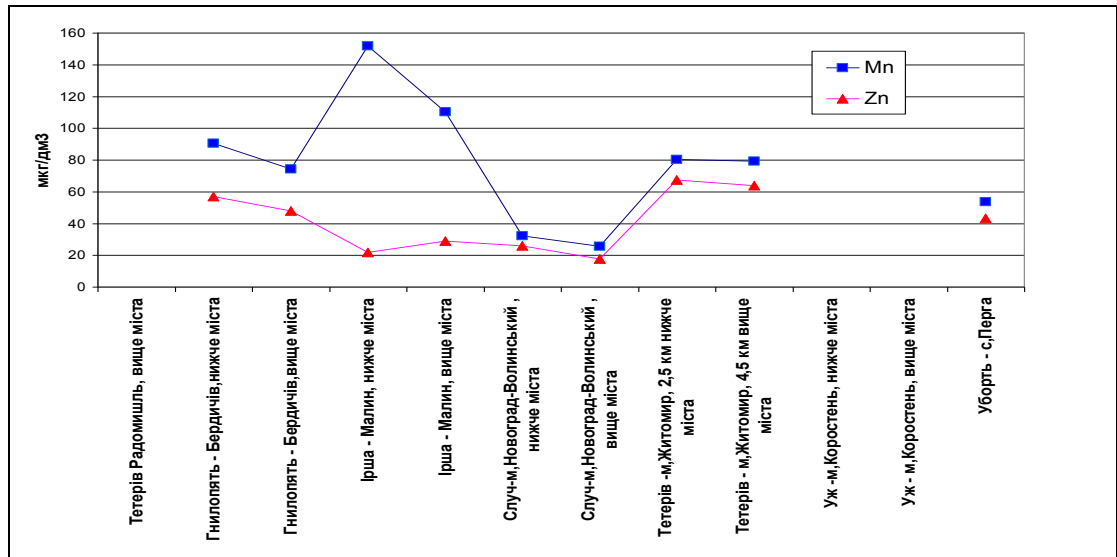


Рис. 4.8 Середні концентрації Zn та Mn у воді досліджуваних річок

Середній вміст Cu у воді річок коливається від 2,5 мкг/дм<sup>3</sup> (р.Ірша) до 8,25 мкг/дм<sup>3</sup> (р.Тетерів, вище і нижче м.Житомира) (рис.4.9).

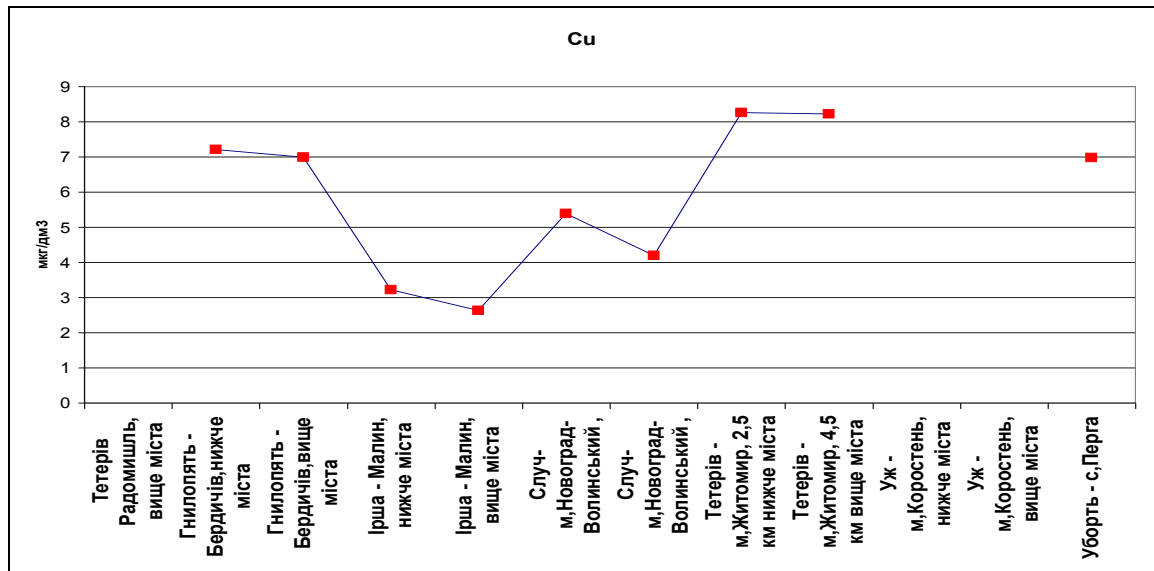


Рис. 4.9 Середні концентрації Cu у воді досліджуваних річок

Максимальні концентрації  $\text{Cr}^{6+}$  спостерігаються в місцях скидів стічних вод – нижче міст Бердичева та Житомира, а також у воді р. Уборть, що живиться болотними водами з підвищеним вмістом  $\text{Cr}^{6+}$  (рис.4.10).

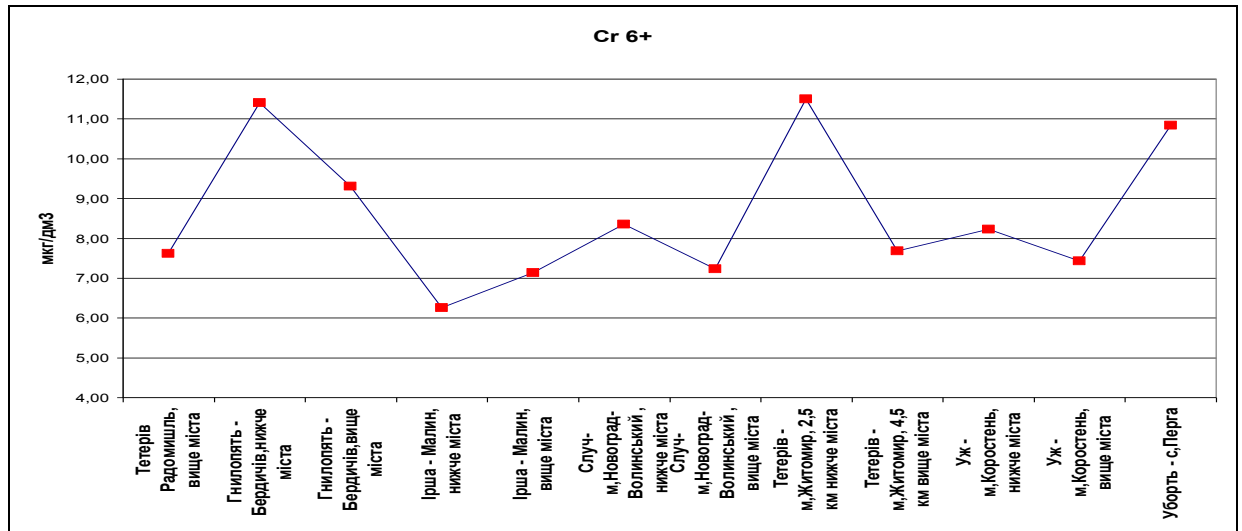


Рис. 4.10 Середні концентрації  $\text{Cr}^{6+}$  у воді досліджуваних річок

Статистичні параметри концентрацій забруднювальних речовин (феноли, нафтопродукти, СПАР) показано в Додатку Й.

Концентрації цих сполук у воді формуються головним чином за рахунок господарської діяльності, а їх надходження у річкові води носить невпорядкований стихійний характер. Найвищі концентрації речовин цієї групи спостерігаються в місцях скидів стічних вод.

У водні об'єкти СПАР потрапляють з побутовими та промисловими стічними водами. Перебувають у розчиненому і сорбованому станах, а також у поверхневій плівці води водного об'єкта. У слабозабруднених поверхневих водах концентрації СПАР коливаються в межах тисячних і сотих  $\text{мг/дм}^3$ , часто цілих  $\text{мг/дм}^3$ . У зонах забруднення вони підвищуються до десятих часток  $\text{мг/дм}^3$ , поблизу джерела забруднення - кілька  $\text{мг/дм}^3$ .

Феноли є ароматичними сполуками, які мають у молекулі гідроксильні групи, безпосередньо пов'язані з атомами вуглецю ядра. Феноли поділяють на дві групи - леткі з парою (крезоли, ксиленоли, гваякол, тимол) і нелеткі (резорцин, пірокатехін, гідрохінон та інші багатоатомні феноли).

У природних умовах феноли утворюються при процесах метаболізму водних організмів, при біохімічному окисленні та трансформації органічних речовин, які проходять як у водній товщі, так і в донних відкладах. Вони є однією з найпоширеніших забруднювальних речовин, які надходять у природні води зі стічними водами нафтопереробних, лісохімічних, коксохімічних, лакофарбових, фармацевтичних та інших підприємств.

Нафтопродукти - суміші газоподібних, рідких і твердих вуглеводнів різних класів, які видобуваються з нафти і нафтових супутніх газів. Поділяються на такі основні групи: палива, масла, тверді вуглеводні (парафіни, церезини, озокерити), бітуми тощо.

Нафтопродукти належать до найпоширеніших і небезпечних речовин, які забруднюють природні води. Значні кількості нафтопродуктів потрапляють у природні води при перевезенні нафти водним шляхом, зі стічними водами промислових підприємств, особливо нафтодобувної та нафтопереробної промисловості, з господарсько-побутовими стічними водами.

Використання останніх досягнень хімії органічного синтезу привело до створення цілого ряду синтетичних органічних речовин (діоксини, поліхлоровані біфеніли, хлоровані вуглеводні) для яких не існувало природних аналогів.

Концентрація цих органічних речовин у воді у більшості випадків дуже низька, проте внаслідок своєї стабільності та біоаккумуляції у ланках харчового ланцюга навіть низькі їх концентрації викликають занепокоєння.

Вміст розчинених газів та органічних речовин у воді досліджуваних річок наведено у Додатку К.

#### 4.2. Особливості сучасного гідрохімічного режиму річок Житомирського Полісся

Гідрохімічний режим – це зміна хімічного складу води того, чи іншого водного об'єкта у часі [88]. З теоретичної точки зору гідрохімічний режим є природною властивістю гідрохімічної системи (ГХС) [48], характеристикою її динамічного стану і своєрідною формою існування і руху матерії в певних просторово-часових рамках,

Динамічність ГХС визначається динамічністю її структури, утвореної елементами системи та зв'язками між ними. Основною причиною динамічності гідрохімічної системи як системи відкритого типу є нестабільність зовнішніх факторів, які її формують. Будь-який зовнішній вплив на ГХС є поштовхом до протікання процесів перетворення речовин, хімічних процесів у водному середовищі, які часто описуються цілим ланцюгом хімічних реакцій.

ГХС має здатність швидко реагувати на зміни навколишнього середовища більш або менш масштабними хімічними перетвореннями, зміною своєї речовинно-енергетичної структури. Тому, якщо в навколишньому середовищі відбувається декілька специфічних подій (наприклад, сезонні ритми, зміна температури, тощо), то ГХС, в принципі, відображає кожну із цих подій у специфічних хімічних перебудовах своєї структури як у часі, так і у просторі, якщо тільки ці події досягають певного (суттєвого) порогу впливу.

В умовах подальшої урбанізації, індустріалізації, хімізації сільського господарства, розвитку транспорту, зростає антропогенне навантаження на формування гідрохімічного режиму водних об'єктів. Однак, не зважаючи на це, водний стік залишається одним із головних чинників формування багаторічного гідрохімічного режиму та якості води річок. Мінливість водного стоку впливає на зміну вмісту розчинених у воді хімічних речовин. Вплив водного стоку проявляється у розбавленні забруднень, або у їх змиві з поверхні

водозбору [48]. Саме тому вивчення гідрохімічного режиму річок не може проводитись без врахування впливу водного стоку на процес його формування.

У зв'язку з цим нами були виконані спеціальні дослідження для встановлення такого розрахункового періоду, в межах якого багатоводні періоди урівноважувались би маловодними, що є важливим для об'єктивного аналізу гідрохімічного режиму (розд.3.4).

Найбільш імовірно, помітні зміни хімічного складу води слід очікувати в багаторічному та у сезонному плані. Багаторічні зміни можуть бути викликані кліматичними змінами, які впливають на формування водного стоку, процеси розбавлення забруднювальних речовин та швидкість процесів хімічної денудації на водозборі. Значний вплив на зміну хімічного складу води та гідрохімічного режиму може здійснювати і зміна антропогенного навантаження на водні ресурси, зокрема зміна скиду стічних вод, тощо.

В сезонному аспекті зміни хімічного складу води можуть залежати від сезонної зміни водного стоку, та, в окремих випадках, від сезонного характеру діяльності окремих підприємств, які впливають на водний об'єкт.

Для виявлення особливостей гідрохімічного режиму річок Житомирського Полісся в сучасний період розглянемо особливості багаторічної та сезонної динаміки різних груп показників хімічного складу води для типових водних об'єктів цього регіону з різним рівнем антропогенного навантаження. Режим головних іонів дослідимо на ділянці з природними умовами формування хімічного складу (р.Ірша – вище м.Малина) та на ділянках із значним антропогенним навантаженням за рахунок впливу стічних вод (р. Тетерів – нижче м.Житомира, р.Гнилопять – нижче м.Бердичева).

Характеристика багаторічного режиму головних іонів на ділянці з природними умовами формування хімічного складу подана на рис. 4.11 та 4.12.

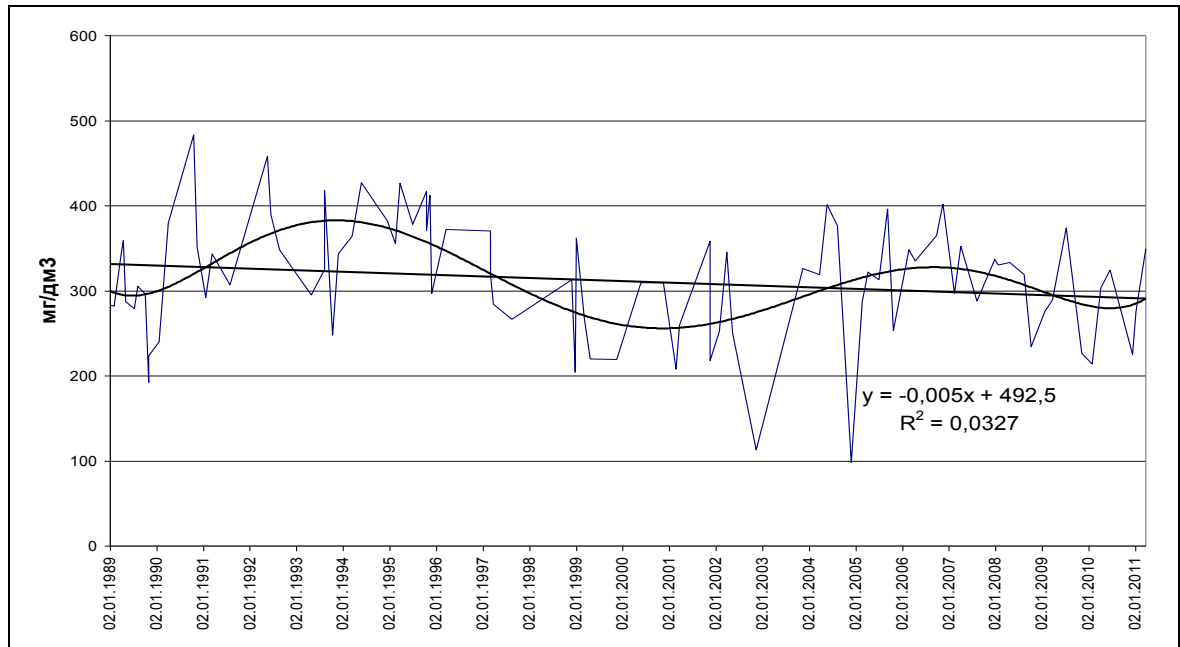


Рис. 4.11 Зміна концентрації розчинених речовин (сума іонів) у воді р. Ірша – вище м. Малина

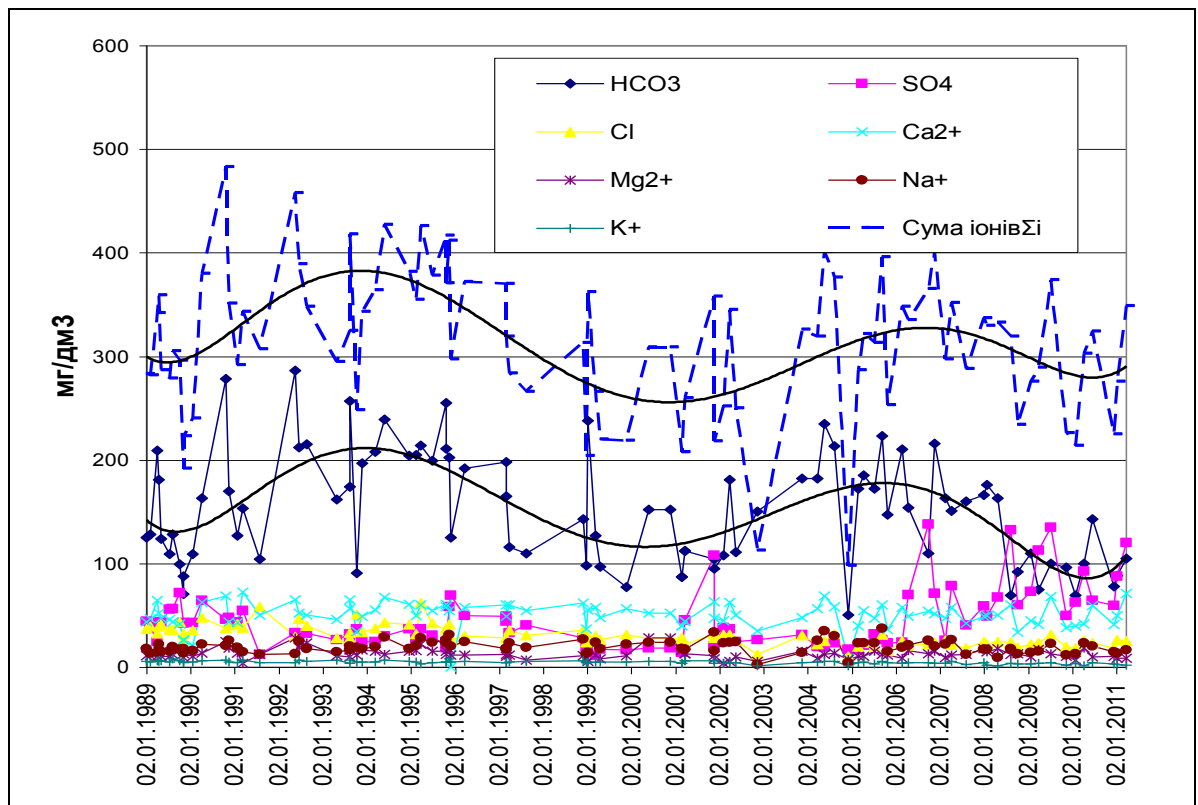


Рис. 4.12 Зміна концентрацій головних іонів воді р. Ірша – вище м. Малина протягом багаторічного періоду



Дані рисунки показують, що кількість розчинених речовин на ділянці з відсутнім антропогенним впливом змінюється відповідно до багаторічних особливостей зміни водності річки. Згладжені за допомогою поліноміальної функції криві чітко підкреслюють періодичність часових коливань величини розчинених у воді солей. У періоди підвищеної водності концентрації розчинених іонів зменшуються, а у періоди низької водності – збільшуються.

Показник суми іонів для ділянок з природними умовами формування стоку може бути використаний і для характеристики інших іонів, оскільки між ним та головними іонами існує тісний кореляційний зв'язок (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Кореляційні зв'язки між концентраціями головних іонів та сумою іонів у воді р.Ірші – вище м.Малин (жирним шрифтом виділені статистично значимі коефіцієнти кореляції при P=95%, N=89)**

	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{4+}$	Cl	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\Sigma i$
$\text{HCO}_3^-$		<b>-0,34</b>	<b>0,25</b>	<b>0,57</b>	<b>0,38</b>	<b>0,37</b>	<b>0,33</b>	<b>0,81</b>
$\text{SO}_4^{4+}$			-0,14	0,13	-0,01	0,00	-0,19	0,14
Cl				<b>0,30</b>	<b>0,26</b>	<b>0,29</b>	<b>0,49</b>	<b>0,43</b>
$\text{Ca}^{2+}$					0,14	<b>0,52</b>	<b>0,36</b>	<b>0,78</b>
$\text{Mg}^{2+}$						<b>0,22</b>	<b>0,16</b>	<b>0,46</b>
$\text{Na}^+$							<b>0,46</b>	<b>0,57</b>
$\text{K}^+$								<b>0,41</b>
$\Sigma i$								

Виключенням є сульфат-іон, режим якого відмінний від режиму інших іонів.

На ділянках з сильним антропогенним впливом режим головних іонів залежить у значній мірі від режиму стічних вод (рис.4.14), проте гідрологічний

режим залишається потужним чинником формування багаторічної динаміки концентрацій розчинених солей.

Щоб оцінити ступінь впливу стічних вод м.Житомира на формування гідрохімічного режиму, на рис. 4.13 побудовано спряжені графіки часового ходу величини суми іонів та їх згладжені варіанти у створах вище і нижче міста.

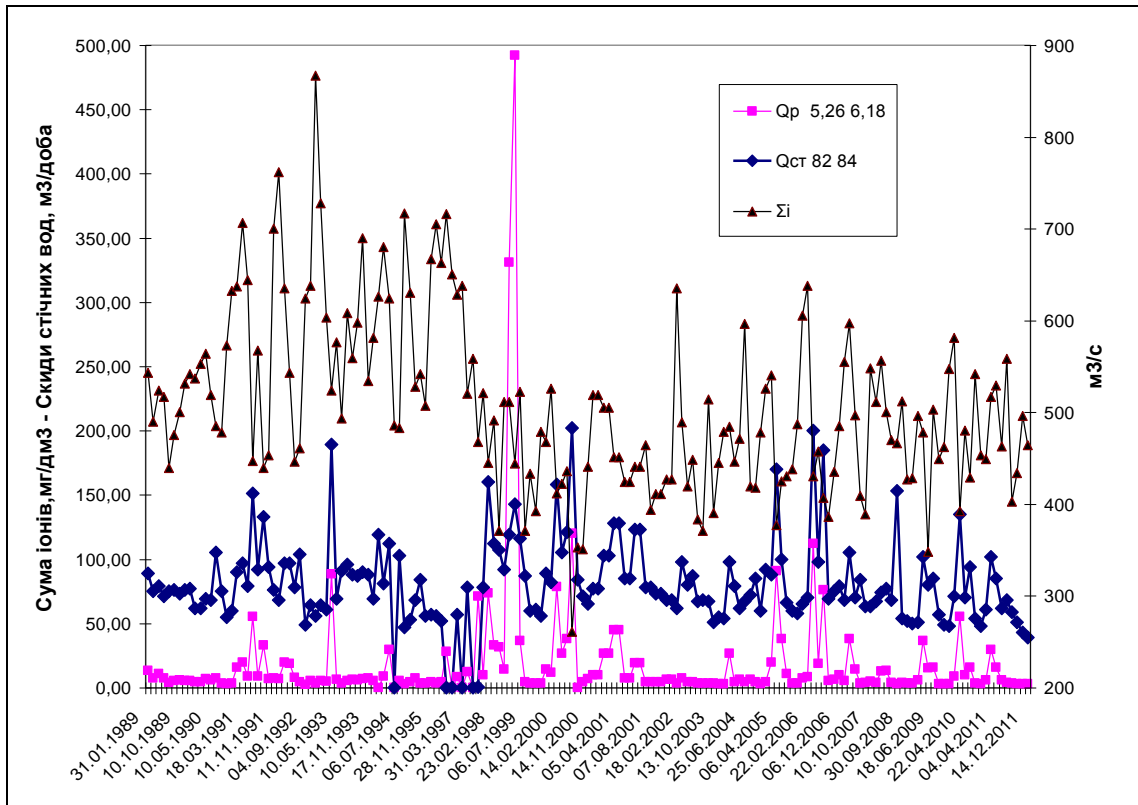


Рис. 4.13 Співставлення режиму головних іонів з гідрологічним режимом ( $Q_p$ ) та режимом скидання стічних вод ( $Q_{ст}$ ) в створі р.Тетерів – м.Житомир, нижче міста

Дані графіки свідчать про збільшення концентрації розчинених речовин у воді річки нижче скиду стічних вод; зазвичай різниця може досягати  $100 \text{ мг/дм}^3$ , а в окремих випадках і більше ( $200\text{--}250 \text{ мг/дм}^3$ ). Ці дані свідчать про недостатню розбавляючу здатність річки в створі нижче міста Житомира і про необхідність реконструкції очисних споруд.

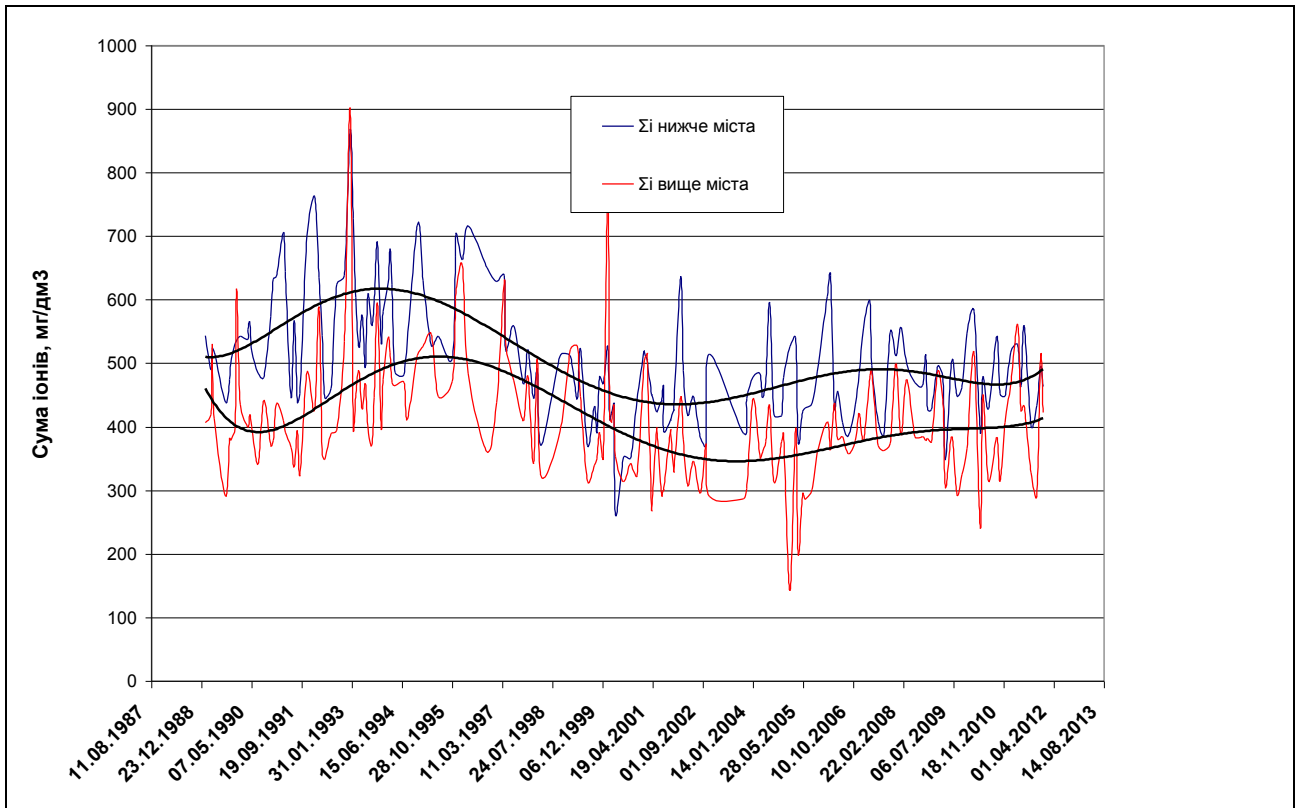


Рис. 4.14 Сума іонів р.Тетерів – м.Житомир вище і нижче міста

Біогенні речовини. З продуктами життєдіяльності людини надходить у поверхневі води через стічні води до 10-15 г азоту та 2-52 фосфору за добу. Кількість фосфору, що надходить зі стічними водами у водойми формується в значній мірі за рахунок фосформістких детергентів (пральних засобів), до складу яких входить 20-35% поліфосфатів, або 0,5-8,7% фосфору. Порушення природного кругообігу фосфору призводить до його накопичення у водній екосистемі і вносить зміни у формування його багаторічного та сезонного режимів.

Вважається, що вже концентрація  $\text{PO}_4^{3-}$ , що становить  $0,5 \text{ мг/дм}^3$  може бути критичною для водойм, чи річок з сповільненим стоком, зарегульованих. Це може стати поштовхом до антропогенного евтрофування природних об'єктів. На рис.4.15. показано багаторічну динаміку загального фосфору у воді р. Тетерів нижче м.Житомир співставлену з графіком зміни водності.

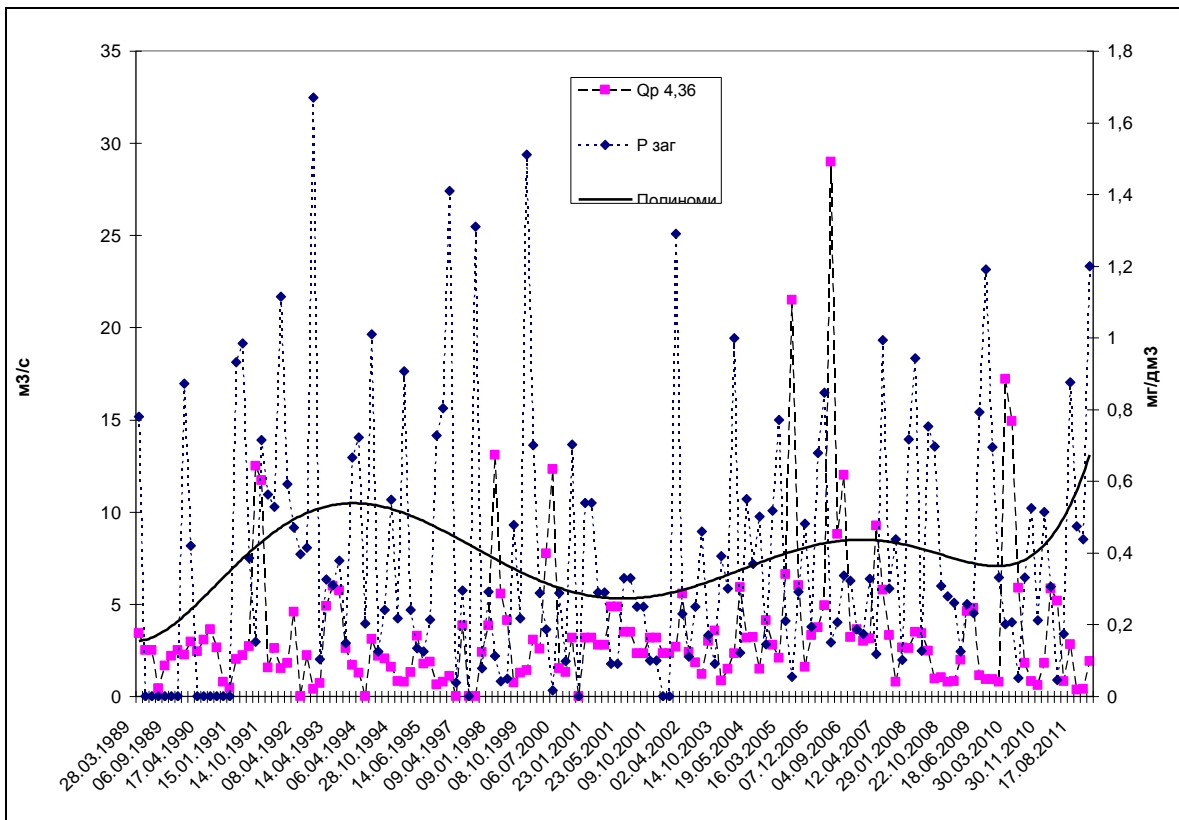


Рис. 4.15 Багаторічна динаміка загального фосфору у воді р. Тетерів нижче м.Житомир та витрат води, виміряних під час відбору проб

Даний рисунок свідчить про складний характер багаторічної динаміки фосфору на цій ділянці річки, яка перебуває під постійним впливом скидів стічних вод. Максимальні концентрації його формуються головним чином у меженні періоди року, хоча в багатоводні періоди концентрації фосфору під впливом процесів розбавлення суттєво зменшуються. Згладжена поліномом 6-го ступеня крива на рис.4.16 описує загальні закономірності часової динаміки фосфору протягом досліджуваного періоду і свідчить про суттєвий вплив циклічного характеру водного стоку на формування його режиму.

Свідченням значного впливу водного стоку на концентрацію фосфору є також приклади, що представлені на рис.4.16 і 4.17.

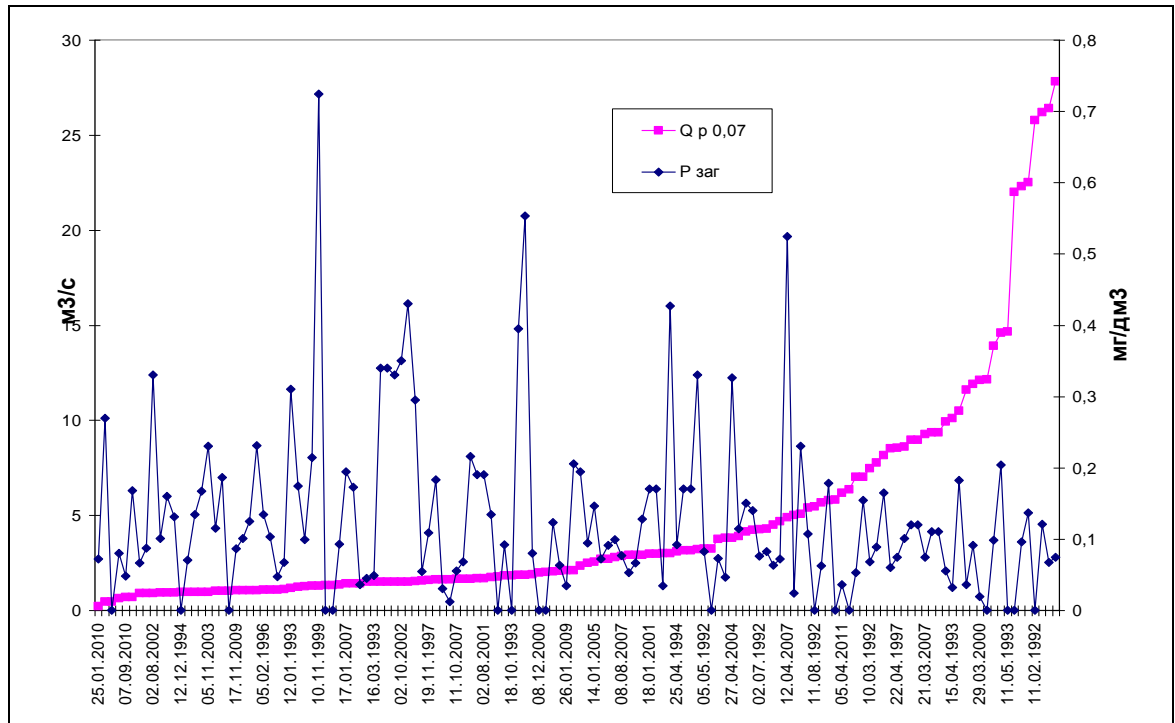


Рис. 4.16 Співставлений графік ранжованих вимірних витрат води р.Уж в створі нижче м.Коростеня з відповідними їм концентраціями Р заг.

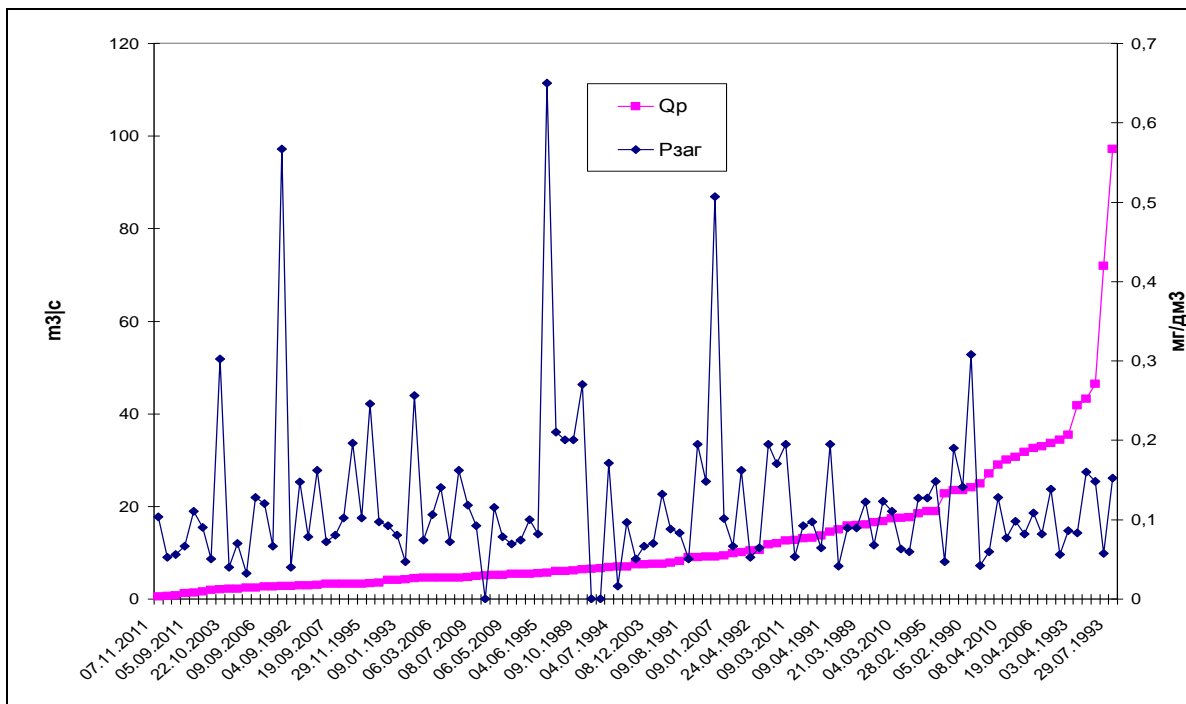


Рис. 4.17 Співставлений графік ранжованих вимірних витрат води р.Уборть в створі с. Перга з відповідними їм концентраціями Р заг.

На обох рисунках чітко виділяється зона високих витрат в межах якої не спостерігається жодного випадку прояву високого рівня забруднення води обох річок сполуками фосфору. Для р. Уж ця зона починається з витрат  $5\text{ м}^3/\text{с}$  і вище, а для р. Уборть –  $20\text{ м}^3/\text{с}$  і вище.

Багаторічна динаміка сполук азоту аналогічна до динаміки фосфору (рис.4.18): вона формується теж, головним чином, під впливом двох чинників – водного стоку та надходження речовин із стічними водами.

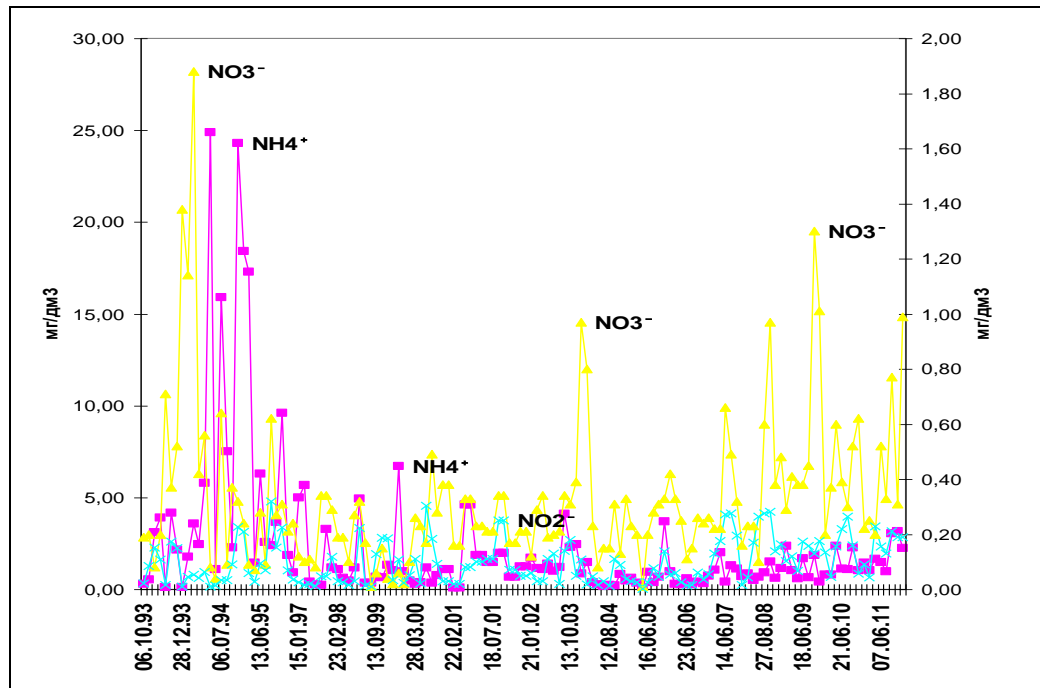


Рис. 4.18 Багаторічна динаміка  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  у воді р. Тетерів нижче м.Житомир

Важкі метали з точки зору їх походження в природних водах належать до групи хімічних компонентів “змішаного” походження; антропогенна частина концентрацій цих компонентів є кількісно порівняльною з їх природною концентрацією. Ймовірність визначення тісних кореляційних зв’язків між цими компонентами та витратами води не перевищує 20-30% [48]. Характер їх багаторічної динаміки можна прослідкувати за даними рис.4.19 та рис. 4.20.

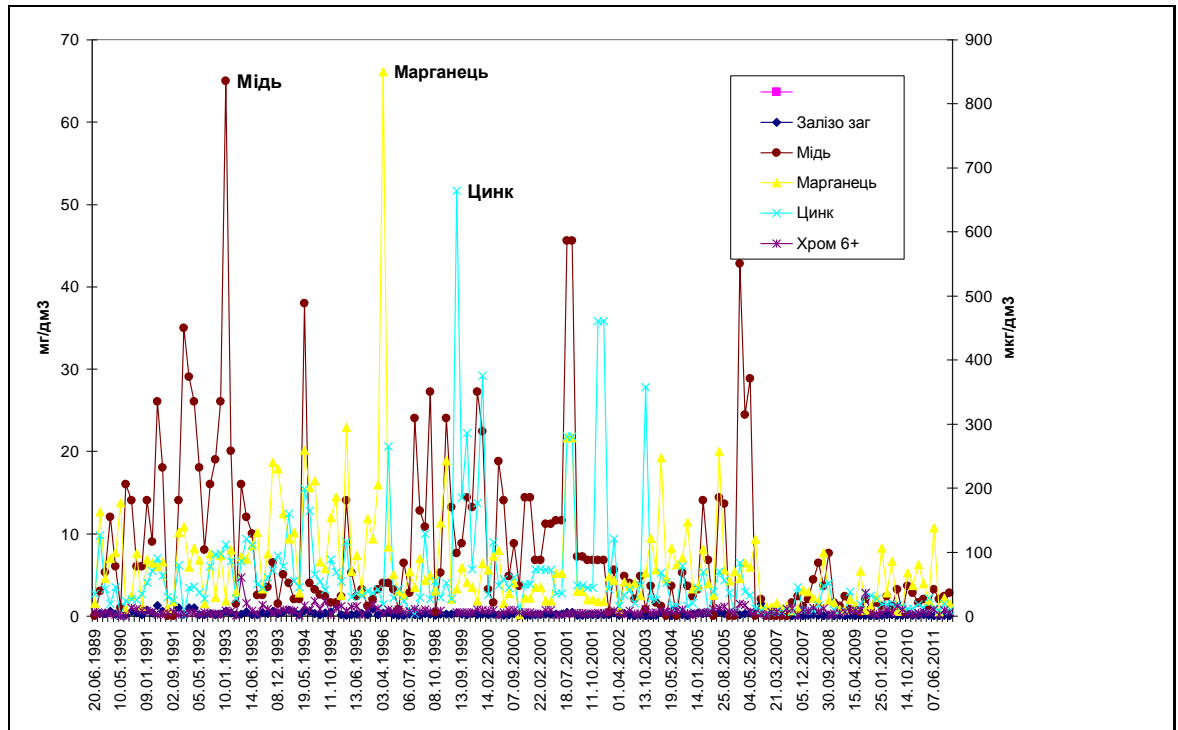


Рис.4.19. Багаторічна динаміка важких металів у воді р. Тетерів нижче м.Житомир

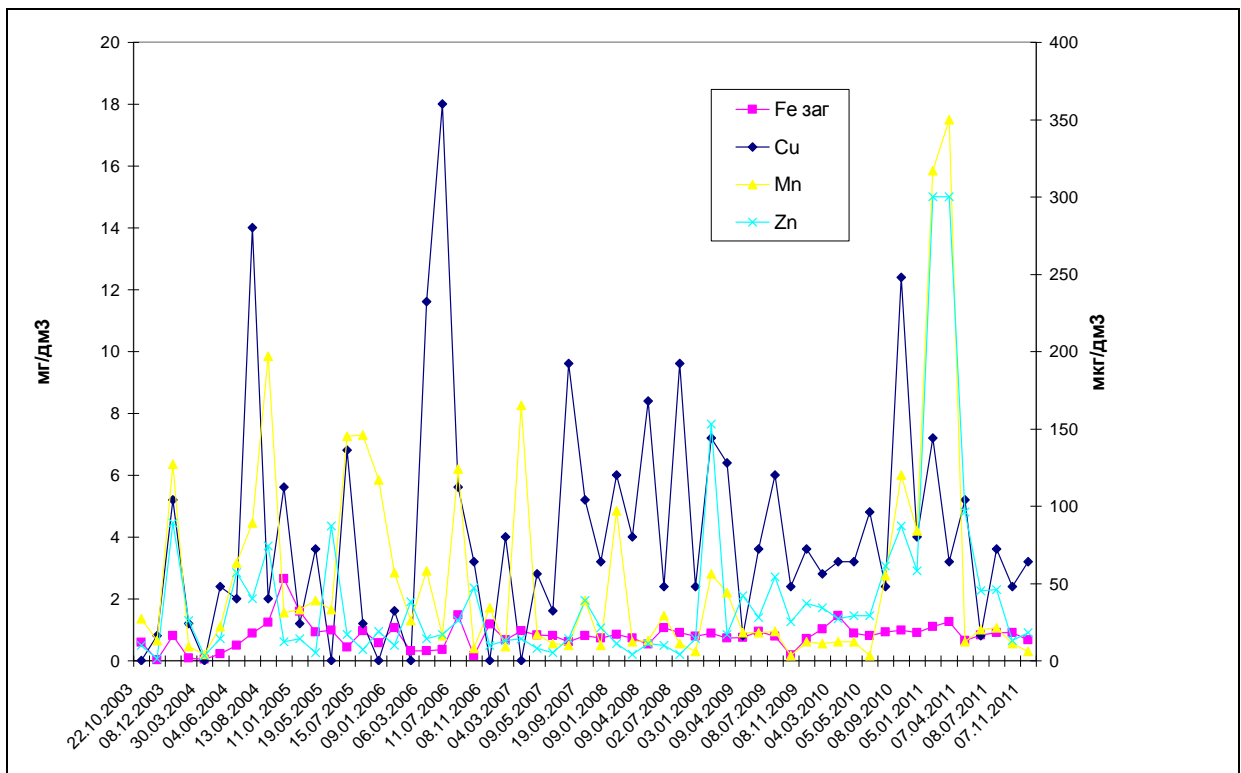


Рис. 4.20 Багаторічна динаміка важких металів у воді р. Тетерів нижче м.Житомир

Дані рисунки свідчать про надзвичайно складний характер режиму важких металів у воді річок регіону. Значні коливання концентрацій пояснюються реакцією водного середовища на нерівномірні у часі надходження забруднювальних речовин у річки, на наявність так званих «залпових скидів» в окремі моменти часу, що призводить до різкого зростання концентрацій важких металів.

Слід відзначити, що у воді р. Тетерів, починаючи з 2007 р. значно знизився вміст важких металів, що, очевидно, пов'язано з покращенням технології вилучення їх зі стічних вод.

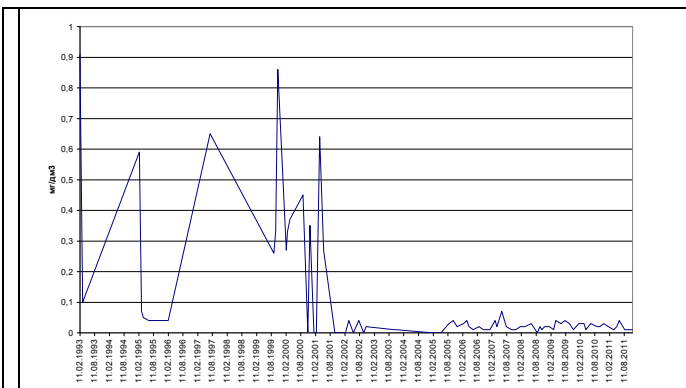
Забруднювальні органічні речовини, до яких відносяться СПАР, феноли, нафтопродукти та ряд пестицидів ( $\alpha$  - ГХЦГ,  $\gamma$  - ГХЦГ,  $\beta$ - ГХЦГ, ДДЕ та ДДТ , протягом досліджуваного періоду контролювалися не системно. Задовільні результати моніторингу доступні лише для СПАР, фенолів та нафтопродукти.

Концентрації фенолів змінювалися протягом періоду спостережень в невеликих межах і без особливих закономірностей, хоча максимальні значення зазвичай реєструвалися в меженні періоди під час надходження значних обсягів стічних вод, або вод поверхнево-схилового стоку під час злив.

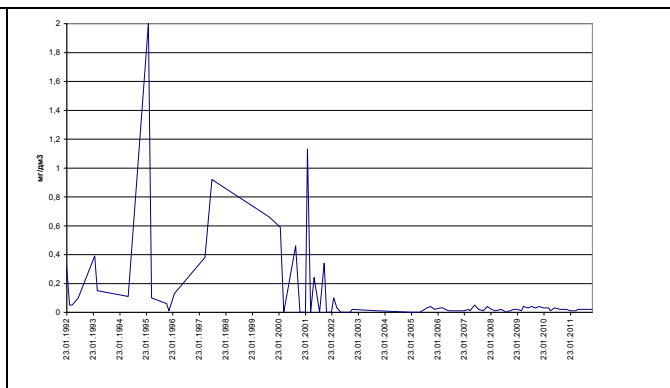
Щодо СПАР та нафтопродуктів, то в їх багаторічній динаміці вперше виявлено різке зменшення і стабілізацію вмісту у воді річок, починаючи з 2002 р., тобто вже на протязі 10 років (рис.4.22 і 4.23). Подібні явища у даному регіоні раніше не виявлялися [48].

Хоча, якщо взяти до уваги значне зменшення скидів стічних вод до водних об'єктів регіону, особливо недостатньо очищених стічних вод за останнє десятиріччя (розділ 1 даної роботи), то різка зміна режиму цих речовин не викликає здивування і є закономірним наслідком природоохоронних заходів.

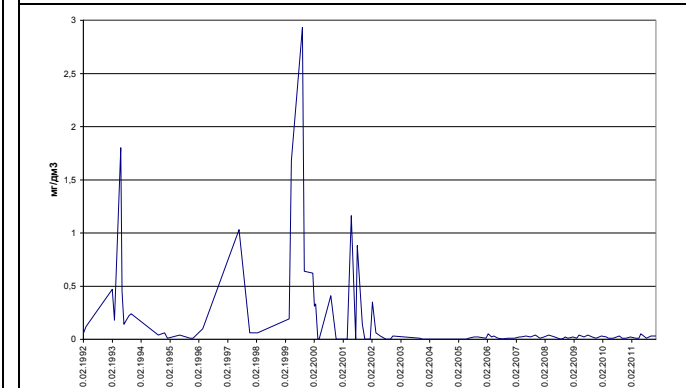




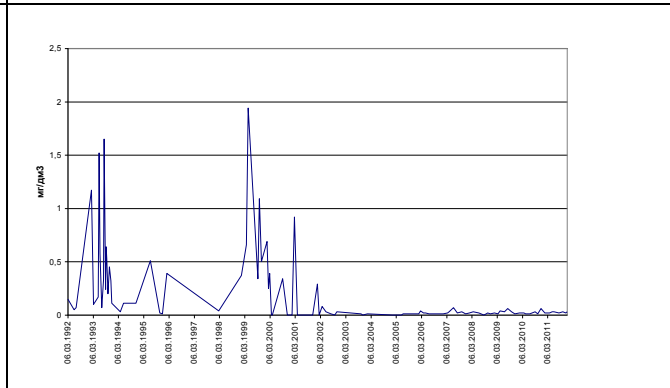
Р.Гнилопять – вище м.Бердичева



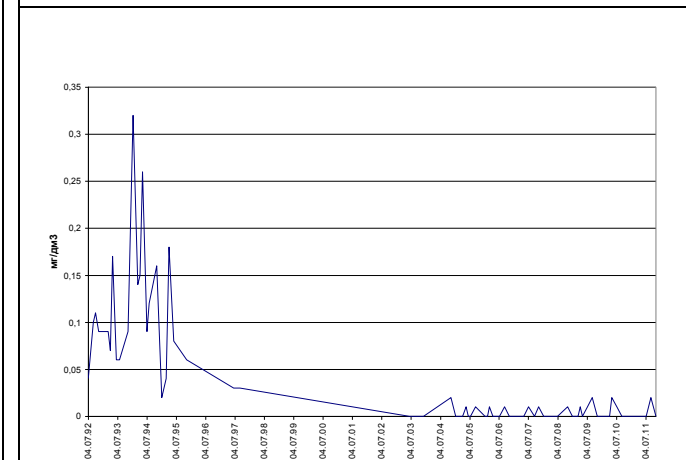
Р.Гнилопять –нижче м.Бердичева



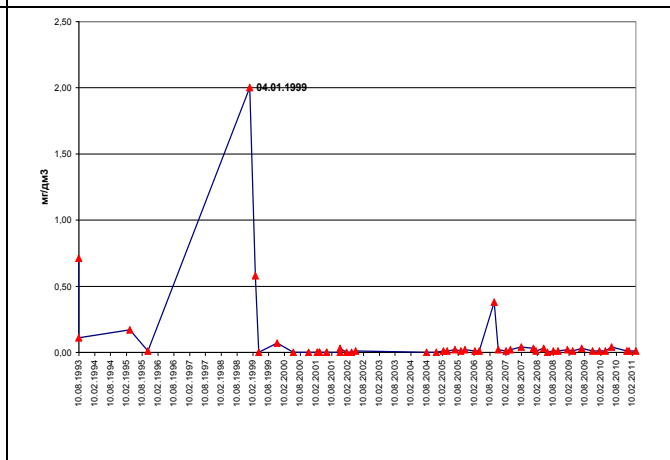
р.Тетерів – м. Житомир, вище міста



р.Тетерів – м. Житомир, нижче міста



р.Уборть – с. Перга



р.Ірша = м.Малин

Рис. 4.22 Багаторічна динаміка нафтопродуктів у воді річок

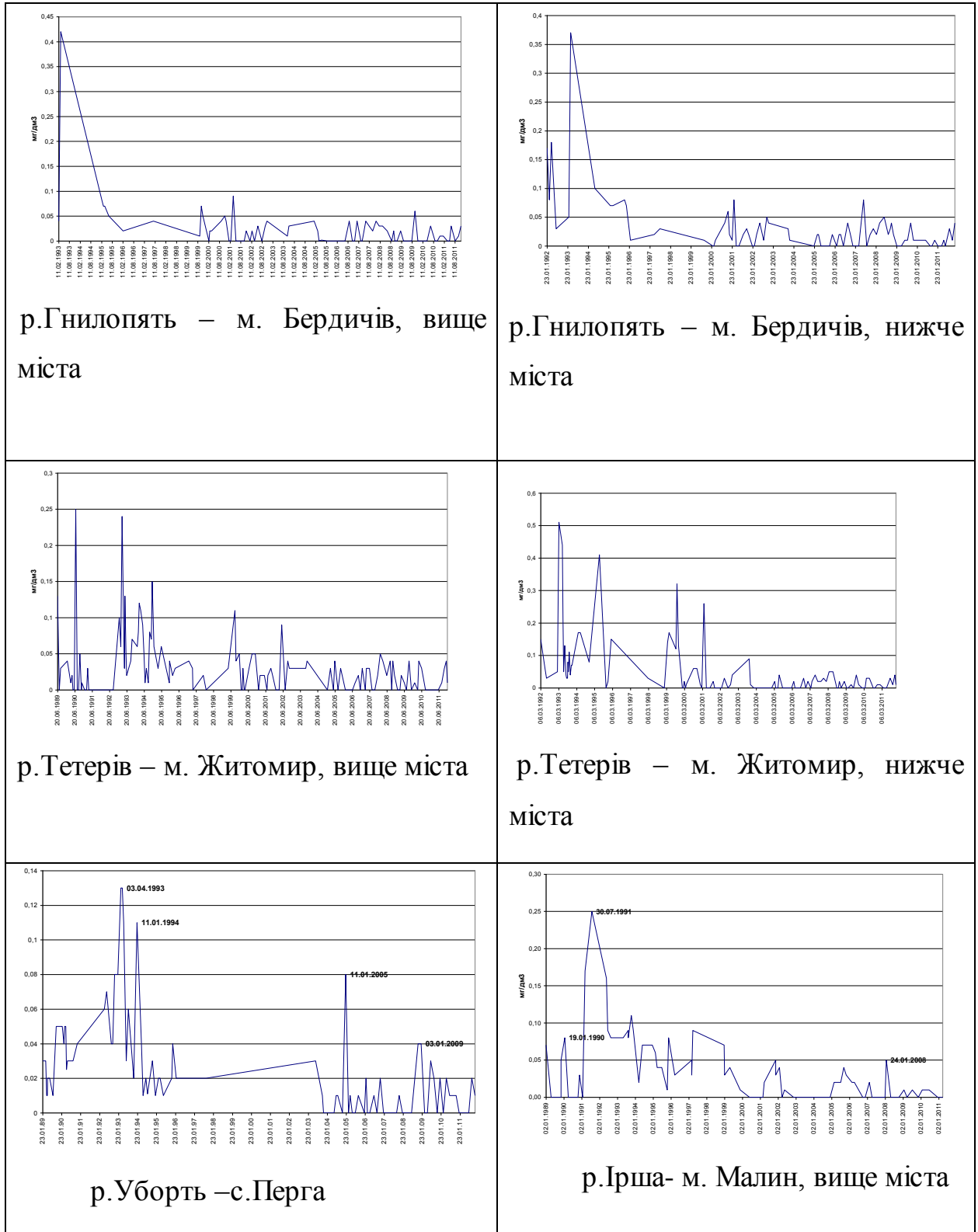


Рис. 4.23 Багаторічна динаміка СПАР у воді річок

Важливим індикатором забруднення природних вод органічними речовинами є показник біохімічного споживання кисню за п'ять днів (БСК<sub>5</sub>). Для

характеристики його багаторічного режиму нижче наведені приклади його зміни у воді річок (рис.4.24 – 4.27).

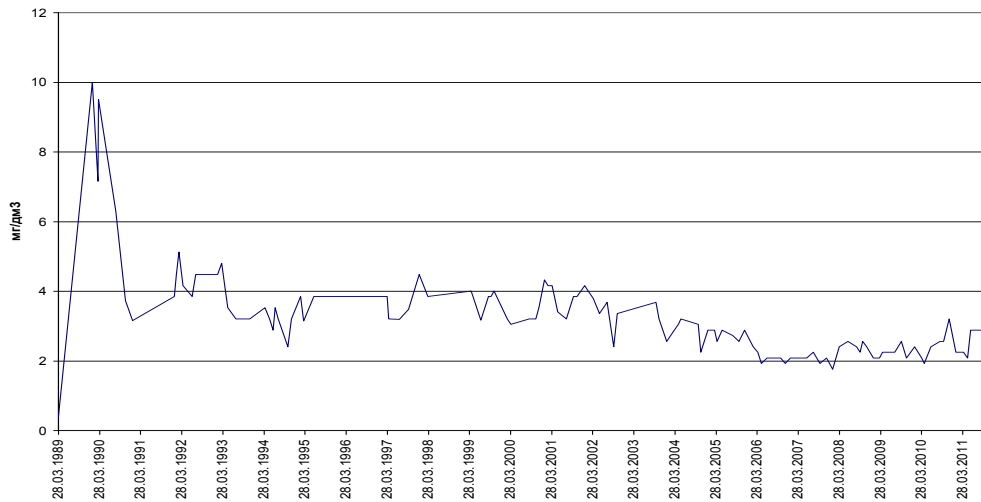


Рис. 4.24 Зміна величини показника БСК<sub>5</sub> протягом багаторічного періоду у воді р.Гнилопять – нижче м.Бердичева

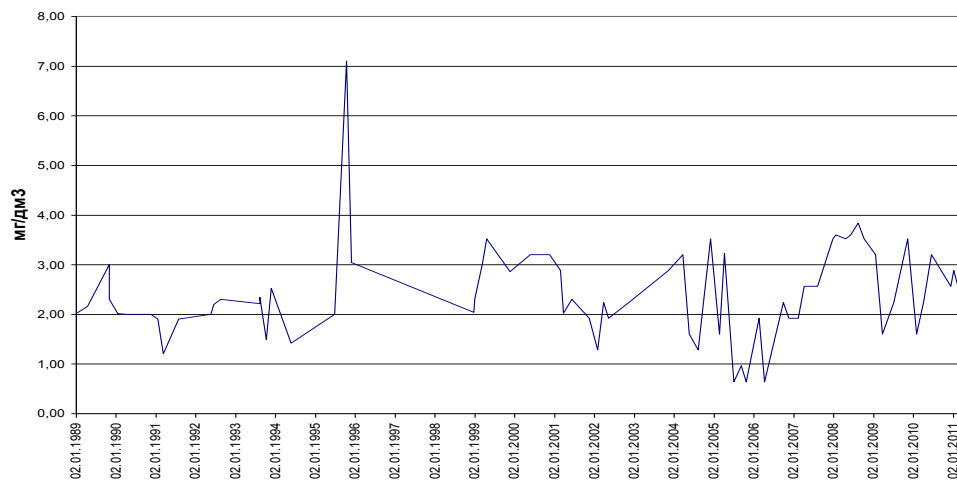


Рис. 4.25 Зміна величини показника БСК<sub>5</sub> протягом багаторічного періоду у воді р.Ірша вище м. Малина

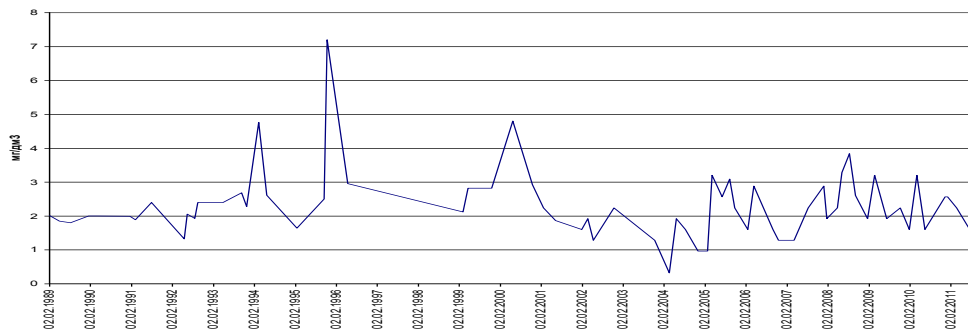


Рис. 4.26 Зміна величини показника БСК<sub>5</sub> протягом багаторічного періоду у воді р.Ірша нижче м. Малина

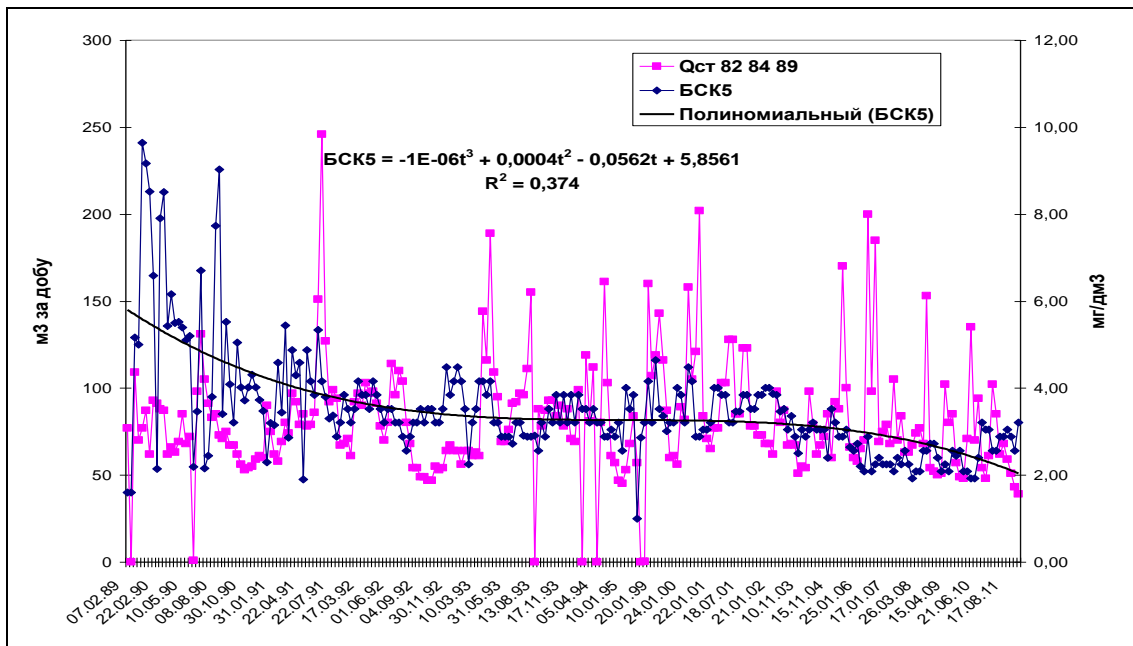


Рис. 4.27 Зміна величини показника БСК<sub>5</sub> та добових об'ємів відведення стічних вод протягом багаторічного періоду у створі р. Тетерів нижче м. Житомира.

Аналіз цих графіків вказує на помітне зменшення величини показника БСК<sub>5</sub> протягом досліджуваного періоду. Найбільш чітко ця тенденція виражена для створів, які розміщені в зонах впливу скидних вод, тобто нижче міст. В створах вище міст ця тенденція теж має місце. Проте виражена не так яскраво (рис.4.25). Причиною зменшення величини показника БСК<sub>5</sub>, або, з іншого боку, покращення стану якості води, є зменшення скидів стічних вод від початку 90-х років минулого століття (припинення роботи низки підприємств) та впровадження ефективніших технологій очищення стічних вод.

Велике значення для протікання гідробіологічних та гідрохімічних процесів у воді мають розчинені гази, особливо кисень, O<sub>2</sub>. Режим кисню зазвичай характеризується чітко вираженим сезонним характером, оскільки його концентрація залежить від температури води, інтенсивності процесів продукції, чи деструкції у водному середовищі. Чіткий сезонний і багаторічний хід концентрацій розчиненого у воді кисню порушує нерівномірне надходження забруднювальних речовин у річки, на окислення яких і витрачається кисень. На рис.4.28 – 4.29 показано багаторічну динаміку O<sub>2</sub>.

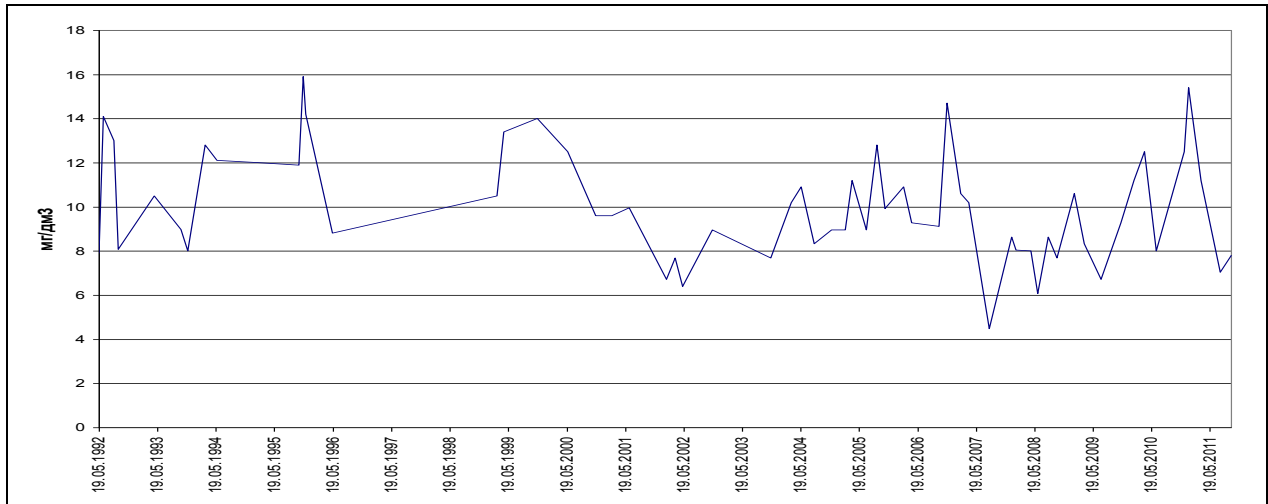


Рис. 4.28 Вміст розчиненого кисню у воді р.Ірша нижче м.Малина

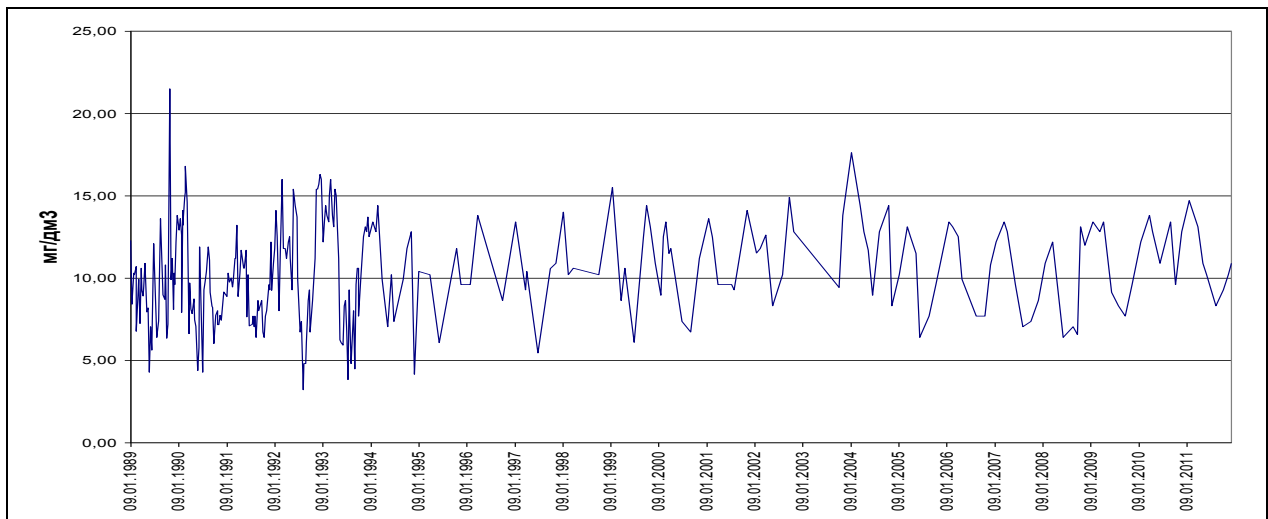


Рис. 4.29 Вміст розчиненого кисню у воді р.Тетерів нижче м.Житомира

Така динаміка  $O_2$ , яка не має тренду до зростання чи спадання значень концентрацій, є типовою для більшості річок Житомирського Полісся для періоду 1991-2012рр.

### 4.3. Вплив гідрологічного режиму на формування хімічного складу води та гідрохімічного режиму річок

#### 4.3.1. Експериментальні дослідження щодо підбору апроксимуючої функції для моделювання зв'язків типу $C = f(Q)$

Мінливість водного стоку протягом доби, місяця, року чи багаторічного періоду впливає на зміну вмісту розчинених у воді хімічних речовин.

В умовах подальшої урбанізації, індустріалізації, хімізації сільського господарства, розвитку транспорту може зростати антропогенне навантаження на водні об'єкти, яке призводить до збільшення надходження до них забруднювальних речовин.

Однак, не зважаючи на це, водний стік залишається одним із головних чинників формування багаторічного гідрохімічного режиму та якості води річок. Його дія проявляється у розбавленні забруднень та їх змиві з поверхні водозбору [64].

Висока частота зміни стокових характеристик річок та значна амплітуда коливань стоку за короткі часові інтервали, що може бути обумовлено сезонними коливаннями водного стоку, або його добовими змінами внаслідок гідроенергетичних попусків, тощо може обумовлювати високу динамічність зміни концентрацій розчинених у воді речовин. Значна зміна параметрів гідрохімічного режиму може відбуватися в першу чергу при мінімальних витратах води, коли надходження забруднень не розбавляється повністю річковим стоком [90], при максимальних і катастрофічних витратах, коли, з одного боку, йде розбавлення наявних у водному потоці речовин, а з іншого - відбувається змив забруднювальних речовин з поверхні водозбору.

Для дослідження зв'язку хімічного складу води з водним стоком зазвичай використовуються статистичні моделі, які можна використати і для прогнозування якості води в умовах зміни водного стоку. Особливого значення їх використання набуває у зв'язку із зміною даного стоку внаслідок впливу глобального потепління на гідрологічний цикл [56.].

Залежність вмісту розчинених у воді речовин від величини водного стоку була помічена досить давно і вперше детально описана в класичному підручнику з гідрохімії О.О. Алекіна [88]. Певного розвитку питання про апроксимацію залежностей типу  $C = f(Q)$ , де  $C$  – концентрація речовини,  $Q$  – витрата води набуло у роботах співробітників Гідрохімічного інституту Держкомгідромету СРСР В.В.Фадєєва, М.Н. Тарасова, В.Л.Павелко [91] та в роботах гідрохіміків КНУ ім.Т.Шевченка [92, 13].

Головним висновком цих робіт є констатація наявності зв'язку концентрацій розчинених у воді речовин від величини водного стоку. Автори, однак, рекомендували використовувати для досліджень в якості апроксимуючих моделей показникове та степеневе рівняння, які найкращим чином описували процес розбавлення хімічних речовин у водному потоці.

Враховуючи ці розробки, ми вирішили провести невеликі експериментальні дослідження [93] щодо підбору апроксимуючої функції для моделювання зв'язків типу  $C = f(Q)$ , орієнтуючись, перш за все, на рекомендації попередників. В якості гідрологічної та гідрохімічної інформації нами було використано матеріали багаторічних спостережень Гідрометслужби України на річках Житомирської області за період з 1989 по 2012 рік. Було вирішено розрахувати залежності між сумою розчинених у воді головних іонів хімічного складу води (сума іонів) та витратами води, виміряними фахівцями в момент відбору проб води для проведення аналізу.

В якості математичного інструменту для дослідження було використано програму MS Excel. Ця програма дозволяє розрахувати за методом найменших квадратів (МНК), множину теоретичних лінійних чи криволінійних залежностей до одного випадку емпіричного зв'язку. МНК базується на положенні, що сума квадратів відхилень емпіричних спостережень  $y_i$  від правильно підбраної теоретичної лінії регресії  $\bar{y}_x$  повинна бути мінімальною, виходячи із можливості застосування різних апроксимуючих теоретичних функцій, тобто  $\Sigma(y_i - \bar{y}_x)^2 = Q_{\min}$ .

Точність підбору теоретичної залежності до емпіричних даних в програмі MS Excel контролюється за величиною  $R^2$  (коефіцієнт детермінованості). Чим менша сума квадратів  $Q_{\min}$ , тим більше значення коефіцієнта детермінованості  $R^2$ , який показує наскільки точно апроксимуюча модель підібрана до емпіричної залежності.

На рис.4.30 показано результати підбору 1 лінійної і 7 нелінійних моделей різної складності для апроксимації залежності величини суми іонів (С) від вимірних витрат води (Q) у воді р. Тетерів в створі 4,5 км вище м. Житомир протягом багаторічного періоду.

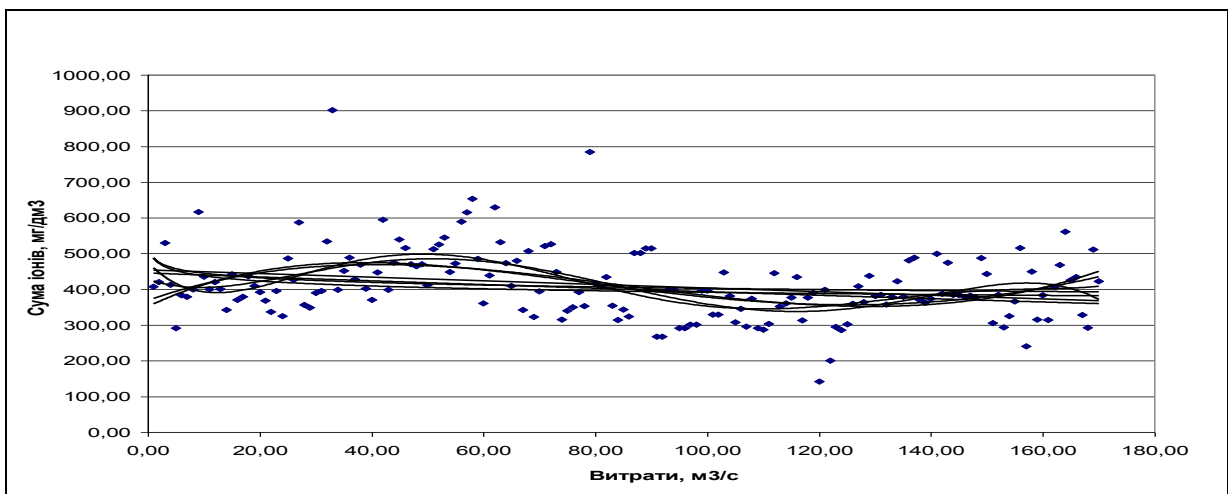


Рис. 4.30 Візуалізація підбору множини апроксимуючих функцій для залежності величини суми іонів (С) від вимірних витрат води (Q) у воді р. Тетерів в створі 4,5 км вище м. Житомир

В табл. 4.2 наведені всі розраховані рівняння для кожної з переглянутих функцій та вказано для кожного з них величину коефіцієнта детермінованості  $R^2$ .

Таблиця 4.2

**Результати експериментального підбору апроксимуючих теоретичних моделей для опису зв'язку між величиною головних іонів (С) та водним стоком (Q) р.Тетерів вище м.Житомир**

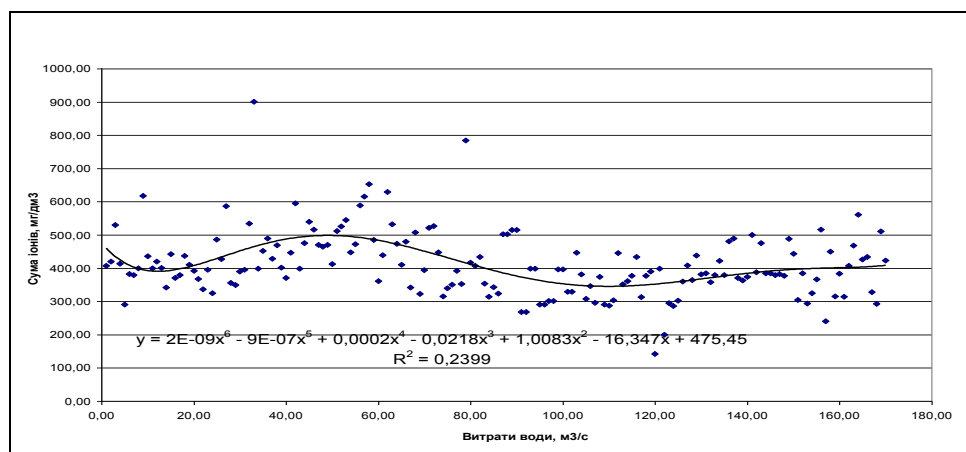
Назва моделі	Розраховане рівняння	$R^2$
Лінійна регресія 1-го порядку	$C = -0,5107Q + 454,75$	0,067
Експоненційна	$C = 445,7e^{-0,0013Q}$	0,071
Показникова	$C = 488,7Q^{-0,0479}$	0,039



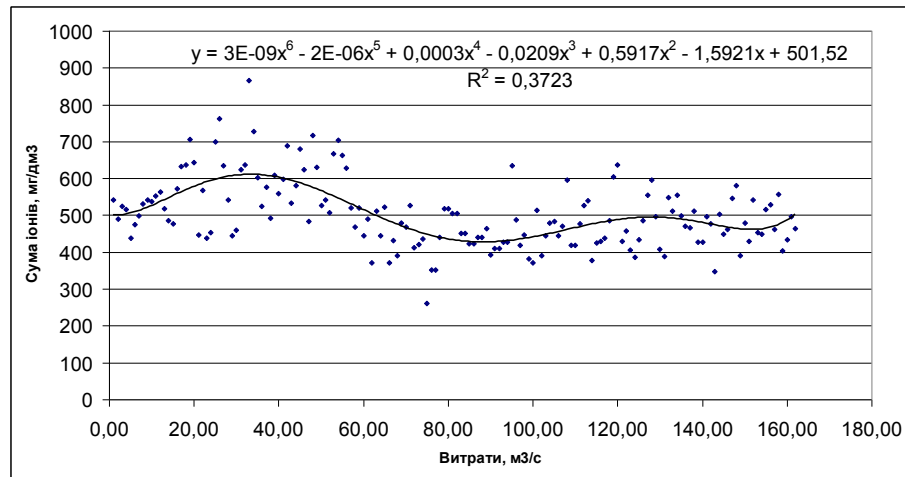
Логарифмічна	$C = -18,4\text{Ln}(Q) + 487,73$	0,033
Поліном 3-го ступеню	$C = 0,0003Q^3 - 0,0874Q^2 + 5,4484Q + 369,39$	0,175
Поліном 4-го ступеню	$C = -1E-06Q^4 + 0,0008Q^3 - 0,1379Q^2 + 7,3838Q + 352,41$	0,178
Поліном 5-го ступеню	$C = -1E-07Q^5 + 5E-05Q^4 - 0,0072Q^3 + 0,379Q^2 - 5,3934Q + 428,23$	0,226
Поліном 6-го ступеню	$C = 2E-09Q^6 - 9E-07Q^5 + 0,0002Q^4 - 0,0218Q^3 + 1,0083Q^2 - 16,347Q + 475,45$	0,239

Результати експерименту свідчать, що найточніше реальну емпіричну залежність описують поліноміальні моделі. Зокрема поліноміальне рівняння 6-ї ступені оцінюється найвищим коефіцієнтом детермінованості - 0,239. Це означає, що точність наближення теоретичних даних до емпіричних при застосуванні даної моделі буде в 6 разів перевищувати аналогічну точність для показникової ( $R^2 = 0,039$ ), чи в 3,4 рази - для експоненційної моделі ( $R^2 = 0,039$ ), які раніше були рекомендовані [91] до використання у гідрохімічній практиці.

На рис. 4. 31 показано приклад застосування поліноміальної моделі 6-го ступеню для апроксимації зв'язків між сумою іонів та витратами води р. Житомир в створах нижче і вище міста.



А) р. Тетерів – м. Житомир 4,5 км вище міста



Б) р.Тетерів – м.Житомир, 2,5 км нижче міста

Рис. 4.31 Приклад застосування поліноміальної моделі 6-го ступеню

Як видно з вище наведених рисунків, поліноміальна модель, як і будь-яка інша нелінійна модель, відображає одночасно різні тенденції у зв'язку досліджуваних величин. Зокрема при збільшенні витрат води величина суми іонів може при певних умовах зменшуватися, наприклад, на підйомі повені – діапазон витрат від 40 до 90 м<sup>3</sup>/с, а під час літніх короткочасних і інтенсивних дощових паводків – діапазон витрат – 20-40 м<sup>3</sup>/с збільшуватися (змив забруднювальних речовин з поверхні водозбору, надходження стічних вод).

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що для апроксимації залежностей типу  $C = f(Q)$ , найкраще підходять складні поліноміальні моделі, які в однаковій мірі описують і розбавлення забруднювальних речовин під час весняної повені та дощових паводків, так і їх накопичення у меженні періоди гідрологічного року.

4.3.2. Апроксимація статистичних моделей впливу водного стоку на концентрацію розчинених у воді речовин та їх інтерпретація

В гідрохімії вплив водного стоку на хімічний склад води традиційно оцінюється статистичними методами і характеризується тісністю кореляційного зв'язку між витратами води та хімічними компонентами [92, 94].

За характером зв'язку з водним стоком хімічні компоненти діляться на 3 групи [64]:

1) компоненти, антропогенна складова концентрації яких у воді є меншою, ніж природна складова (головні іони, сума іонів); для цих компонентів ймовірність виявлення тісних кореляційних зв'язків з водним стоком є дуже високою;

2) хімічні компоненти “змішаного” походження (сполуки азоту та фосфору, важкі метали, феноли); антропогенна частина концентрацій цих компонентів є кількісно порівняльною з їх природною концентрацією. Ймовірність визначення тісних кореляційних зв'язків між цими компонентами та витратами води не перевищує 20-30%;

3) хімічні компоненти антропогенного походження (пестициди, СПАР, нафтопродукти, хлоровані вуглеводні, поліхлоровані біфеніли, тощо); ймовірність визначення стійких кореляційних зв'язків цих компонентів з витратами води надзвичайно низька.

Враховуючи цю класифікацію? було прийнято рішення виконувати апроксимацію зв'язків з водним стоком тільки для речовин, які представляють перші дві групи речовин, тобто для головних іонів та біогенних речовин – сполук азоту та фосфору.

Враховуючи, що режим головних іонів можна дослідити використовуючи їх інтегральний показник - суму іонів, було вирішено досліджувати зв'язки між водним стоком та величинами суми іонів. Результати апроксимації цих зв'язків у графічному та в аналітичному вигляді (математичні формули) представлено у Додатку Л до даної роботи.

На прикладі залежності величини суми іонів від водного стоку р. Случ в створі вище м. Новоград-Волинського виконаємо інтерпретацію отриманих залежностей.

На рис. 4.32. показано як поліноміальна модель 6-го ступеня описує зв'язок між сумарною концентрацією іонів у воді річки та її витратами. Концентрації змінювалися за період спостережень від 250 до 500 мг/дм<sup>3</sup>. Це

відбувалося в широкому діапазоні коливання водного стоку: від 3 м<sup>3</sup>/с до 95 м<sup>3</sup>/с.

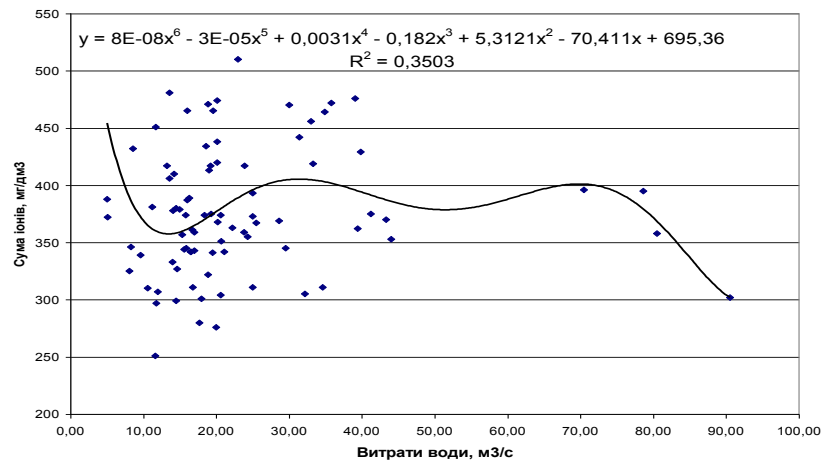


Рис. 4.32 Поліноміальна модель впливу водного стоку р. Случ в створі вище м. Новоград-Волинського на величину суми іонів у воді річки

Модель, що була розрахована за методом найменших квадратів, характеризується досить хорошою ступеню наближення до реальних емпіричних даних, оскільки величина  $R^2=0,35$  ( $R=0,6$ ). Це означає, що її можна використовувати як експрес-метод у розрахунках величини суми іонів, знаючи виміряну витрату води. Також її можна використовувати для розрахунків можливих змін хімічного складу води у зв'язку з довготривалими змінами водного стоку, які можуть відбуватися у зв'язку із змінами клімату.

Тобто, якщо виконано проноз водного стоку на тривалий період, то використовуючи його величину, можна легко розрахувати і величину суми іонів.

Особливістю цієї моделі є те, що для різних діапазонів водного стоку вона віднаходить зв'язки різної направленості і різного наближення до емпіричних даних (останнє залежить від характеру розсіювання даних у кореляційному полі).

В інтервалі мінімального водного стоку (0-10 м<sup>3</sup>/с), при його швидкому збільшенні, ми спостерігаємо обернений зв'язок між досліджуваними величинами, що означає розбавлення розчинених у воді солей при зростанні

водного стоку. В інтервалі 10-30 м<sup>3</sup>/с тенденція зв'язку змінюється – спостерігається прямий зв'язок, що може означати надходження додаткових кількостей різноманітних забруднювальних речовин з поверхні водозбору під час дощових паводків та під час повені.

Від 30 до 50 м<sup>3</sup>/с знову переважає процес розбавлення і концентрація солей у воді річки дещо знижується.

Інтервал витрат понад 50 м<sup>3</sup>/с слабо забезпечений даними спостережень, тому встановлена закономірність зв'язку між досліджуваними величинами в цьому інтервалі має орієнтовний характер.

Слід зауважити, що головні іони хоч і належать до групи компонентів, антропогенна складова концентрації яких у воді є меншою, ніж природна складова, все ж встановити надійні статистичні залежності між досліджуваними величинами в деяких випадках не вдалося. Прикладом такого випадку є поліноміальна модель впливу водного стоку р.Случ в створі нижче м. Новоград-Волинського на вміст розчинених у воді мінеральних речовин ( рис. 4.33.)

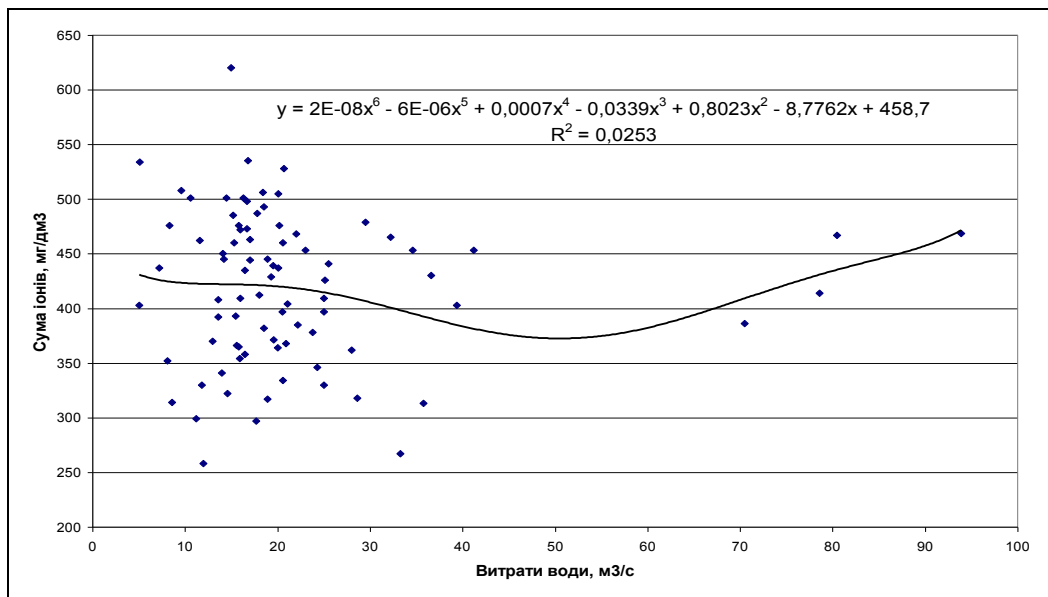


Рис. 4.33 Поліноміальна модель впливу водного стоку р. Случ в створі вище м. Новоград-Волинського на величину суми іонів у воді річки

Коефіцієнт точності наближення для цієї моделі  $R^2=0,025$ , що не є достатнім для проведення точних розрахунків. Вплив скидів стічних вод нижче

міста порушив природний гідрохімічний режим на цій ділянці течії, тому і тіснота зв'язку між величинами зменшилась на порядок. Дану модель можна використовувати лише для орієнтовних розрахунків.

Аналогічні дослідження проведено і для біогенних речовин, сполук азоту та фосфору. Головна увага приділялася сумі мінеральних форм азоту (Nмін) та мінеральному фосфору (Pмін), оскільки вони є ключовими компонентами процесу антропогенної евтрофікації води та погіршення її якості.

Результати апроксимації цих зв'язків у графічному та в аналітичному вигляді (математичні формули) представлено у Додатку М до даної роботи.

Розраховані за таким же принципом як і для головних іонів моделі з різною мірою наближення передають реальний зв'язок водного стоку з концентраціями сполук азоту та фосфору. Найвищий ступінь апроксимації характерний для річок (створів), де вплив антропогенних чинників на формування гідрохімічного режиму річок є найменшим. Таким прикладом є модель залежності концентрацій мінерального фосфору від витрат води р. Уборть в створі с.Перга. Коефіцієнт наближення цієї моделі  $R^2$  до реальних емпіричних даних становить 0,43, що характеризує тісний зв'язок на усіх ділянках апроксимуючої кривої. Такий показник якості апроксимації не характерний навіть для головних іонів, на вміст яких вплив антропогенних чинників менший, ніж на вміст біогенних речовин.

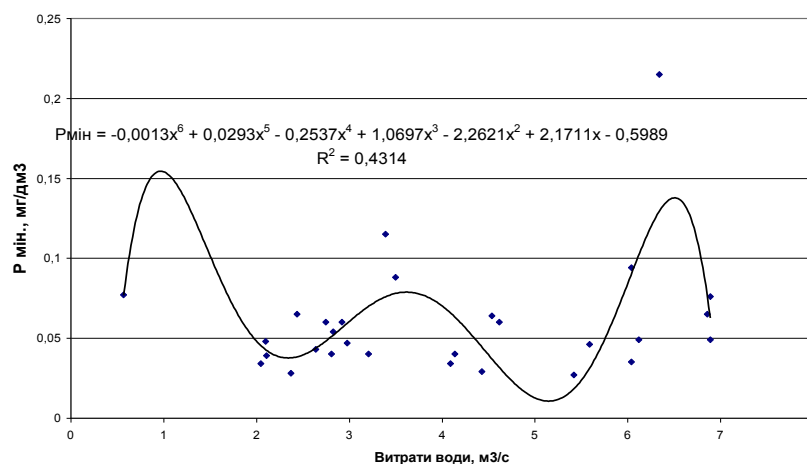


Рис. 4.34 Поліноміальна модель залежності концентрацій мінерального фосфору від витрат води р. Уборть в створі с.Перга.

На жаль, в створах, де надходження сполук азоту, або фосфору у значній мірі залежить від скидів стічних вод, досягти ідеального наближення моделі до реальних даних спостережень не вдається. Прикладом такого випадку може бути модель залежності концентрацій мінерального азоту від витрат води р. Гнилопять в створі м.Бердичева.

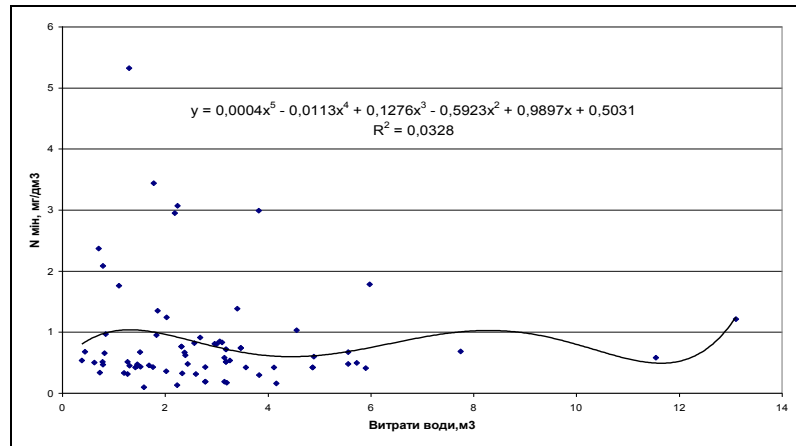


Рис. 4.35 Поліноміальна модель залежності концентрацій мінерального азоту від витрат води р. Гнилопять в створі м.Бердичева

Не зважаючи на це розраховані моделі досить адекватно відображають основні закономірності режиму даних забруднювальних речовин і можуть бути використані для вирішення практичних задач пов'язаних із експрес-оцінкою якості води та прогнозуванням хімічного складу (якості води) річок в залежності від водного режиму.

Таким чином, було досліджено методичні аспекти оцінки впливу водного стоку на вміст розчинених у воді хімічних речовин. Показано, що збільшення (зменшення) водного стоку протягом певного періоду супроводжується неоднозначною зміною (збільшенням, або зменшенням) вмісту розчинених речовин. Встановлено, що для апроксимації цих залежностей найкраще підходять складні поліноміальні моделі, які в однаковій мірі описують і розбавлення забруднювальних речовин під час весняної повені та дощових паводків, так і їх накопичення у меженні періоди гідрологічного року.

Здійснено апроксимацію статистичних зв'язків між водним стоком і концентраціями речовин, вміст яких у річковій воді залежить в більшій мірі від природних чинників, ніж антропогенних. Отримані статистичні моделі у

вигляді поліноміальних залежностей, які можна використовувати для розрахунків можливих змін хімічного складу води, в тому числі і у зв'язку з довготривалими змінами водного стоку, які можуть відбуватися у зв'язку із змінами клімату.

#### 4.4 Конструювання напівемпіричних графічних моделей гідрохімічного режиму річок

Гідрохімічний режим річок є результатом комплексної дії різноманітних природних та антропогенних чинників, які діють одночасно і не підлягають описанню чіткими функціональними залежностями. Стохастична природа зв'язків і множина станів гідрохімічного режиму при однаковому впливі тих чи інших чинників ускладнює його моделювання. Хоча відомо багато спроб залучення складних чисельних моделей [95, 96], що пов'язані з досить трудомісткими експериментальними дослідженнями не тільки самого гідрохімічного режиму, а й річкового водозбору та ще й з великим обсягом громіздких розрахунків, результати яких не завжди відповідають реальному стану об'єкту досліджень. Тому, у вітчизняній практиці широкого застосування набуло застосування класичних графічних методів та статистичного моделювання часових гідрохімічних рядів, або статистичних моделей зв'язку різних характеристик гідрохімічного режиму з домінуючим чинником його формування - водним стоком.

У попередньому розділі було представлено набір поліноміальних моделей, розрахованих нами для математичного опису впливу водного стоку на гідрохімічний режим. Однак, використання цих моделей у гідрохімічній практиці має дещо обмежений характер, адже недостатньо точна апроксимація емпіричних залежностей теоретичною кривою призводить до появи значних похибок при обчисленні за даними моделями, особливо в умовах нестабільного гідрологічного режиму, під час зміни типів живлення річок, тощо. Підбір ідеальної теоретичної моделі ускладнюється ще й тим, що багаторічні ряди, які, хоч і мають достатню для статистичних досліджень обсяг і використовуються у



дослідженнях є генетично неоднорідними, оскільки характеризують різні фази гідрологічного режиму (повінь, паводки, межінь) та різні за водністю роки, під час яких можуть відбуватися різнонаправлені гідрохімічні процеси.

Під час повені, яка характеризується надходженням у руслову мережу маломінералізованих талих снігових вод, відбувається розбавлення хімічних речовин у річковому потоці. Однак на піку повені та на її спаді в річкову мережу може надходити багато забруднювальних речовин як з поверхні водозбору, так і з стічними водами, які в цю фазу гідрологічного режиму, враховуючи підвищену розбавляючу здатність річок, можуть відводитися із відстійників комунальних та промислових підприємств.

Під час межені, при малих витратах води, річка отримує в якості живлення більш мінералізовані підземні води і антропогенний вплив стає більш відчутним; природно, що вміст розчинених у воді солей і, відповідно, сума іонів, буде зростати. Але, якщо під час межені з'являється додаткове джерело водного живлення, наприклад дощове, то знову активізується процес розбавлення, що призводить до зниження концентрацій розчинених у річковій воді речовин.

Тому, з метою зменшення можливих похибок, що виникають при статистичному моделюванні зв'язків типу  $C = f(Q)$  з використанням багаторічних генетично неоднорідних гідрологічних і гідрохімічних рядів, автори пропонують застосувати альтернативний спосіб візуального вираження параметрів гідрохімічного режиму в широкому діапазоні реальних величин водного стоку шляхом конструювання напівемпіричних графічних моделей, в яких загальний вид функціональних залежностей встановлюється на підставі теоретичних уявлень про зміну впливу водного стоку на вміст розчинених у воді хімічних речовин, а емпіричні дані використовуються для визначення стану гідрохімічного режиму у певному діапазоні водності.

Для використання цього методу необхідно:

- розділити вихідні ряди даних на генетично однорідні вибірки, які б характеризували окремі фази гідрологічного режиму;

- встановити розрахункові значення концентрацій розчинених у воді речовин для кожної гідрологічної фази, тобто в межах певного обмеженого діапазону зміни витрат, характерного для цієї фази;

- побудувати (сконструювати) напівемпіричну криву типу  $C = f(Q)$ , або  $C = f(Q_p, \%)$  на основі спряжених пар значень  $Q$  та  $C$  для усіх генетично однорідних фаз формування водного стоку.

Таким чином, для розрахунків залежності концентрації розчиненої у воді речовини від витрат того чи іншого інтервалу забезпеченості, характерного для конкретної гідрологічної фази, чи періоду гідрологічного року, в межах якого зберігається генетична однорідність формування гідрохімічного режиму, пропонується застосовувати метод напівемпіричних кривих.

В основу методу покладено поділ багаторічного ряду спостережень за водним стоком річки на генетично однорідні вибірки, що відповідають окремим фазам гідрологічного року. Ця процедура здійснюється шляхом ранжування вихідного ряду витрат води, розрахунку значень витрат води певної забезпеченості та поділу ранжованого ряду на окремі вибірки, які лежать в певних інтервалах значень, що обмежені з обох сторін характерними для різних фаз водного режиму величинами витрат певної забезпеченості. Синхронний ряд значень величин суми іонів ( $\Sigma i$ ) ранжується автоматично під час цієї процедури, що виконується за програмою MS Excel.

Розраховуються витрати води різної забезпеченості  $Q_p$  (1, 5, 10, 25, 50, 75, 95, 99%). За даними розрахунків встановлюються межі генетично однорідних інтервалів статистичного ряду витрат, які відповідають окремим фазам гідрологічного режиму. З метою підвищення точності визначення меж (поділу ряду витрат), можливе порівняння розрахованих характерних витрат води різної забезпеченості з середнім багаторічним гідрографом стоку води, для кожної конкретної річки (ідентифікація гідрологічних фаз). Прикладом розрахунків генетично однорідних інтервалів статистичного ряду витрат, які відповідають окремим фазам гідрологічного режиму наведено на рис.4.36.

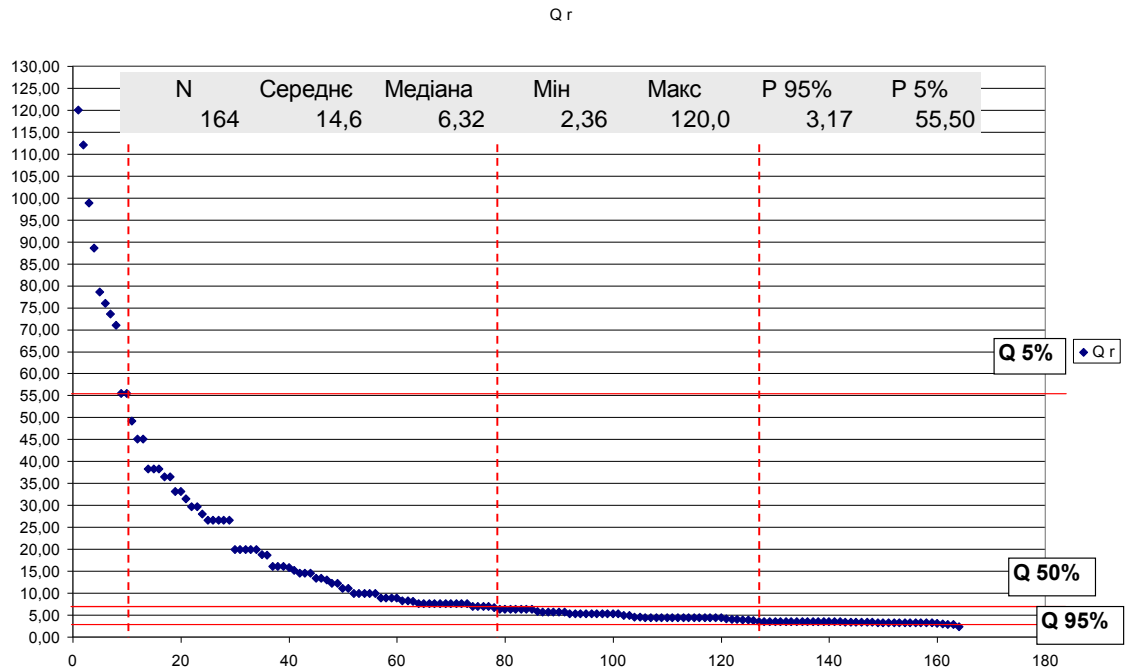


Рис. 4.36 Генетична структура вимірних витрат води під час відбору проб (р. Тетерів – м. Житомир, 4,5 км вище міста)

Для кожного з наступних інтервалів витрат  $Q_r \geq 1\%$ ;  $1\% \geq Q_r \geq 5\%$ ;  $5\% \geq Q_r \geq 10\%$ ;  $10\% \geq Q_r \geq 25\%$ ;  $25\% \geq Q_r \geq 50\%$ ;  $50\% \geq Q_r \geq 75\%$ ;  $75\% \geq Q_r \geq 95\%$ ;  $95\% \geq Q_r \geq 99\%$ ;  $Q_r \leq 99\%$  розраховується середнє арифметичне значення величини  $\Sigma i$ , або значення потрібної для розрахунків забезпеченості. Якщо амплітуда коливання величини  $\Sigma i$  в межах окремого інтервалу водності незначна, то оцінка її середньої арифметичної величини буде задовольняти усі подальші побудови та розрахунки. У випадку, коли зміна  $\Sigma i$  має помітну амплітуду, слід додатково до середньої арифметичної величини додати ще і довірчі межі її зміни, що розраховуються за відомими формулами із забезпеченістю 95%.

Конструювання напівемпіричної кривої залежності типу  $\Sigma i = f(Q_r)$  здійснюється за спряженими парами інтервальних значень  $Q_r$  та  $\Sigma i$ .

В межах відповідних діапазонів коливань водного стоку характерних для окремих фаз водності було створено генетично однорідні вибірки концентрацій розчинених у воді речовин (сума іонів) та розраховано їх середні значення для кожного діапазону (табл.4.3).

Таблиця 4.3

**Значення величини суми іонів у воді річок Житомирського Полісся  
для різних інтервалів водності.**

Річка - пункт	$Q_p \geq 1\%$	$1\% \geq Q_p \geq 5\%$	$5\% \geq Q_p \geq 10\%$	$10\% \geq Q_p \geq 25\%$	$25\% \geq Q_p \geq 50\%$	$50\% \geq Q_p \geq 75\%$	$75\% \geq Q_p \geq 95\%$	$95\% \geq Q_p \geq 99\%$	$Q_p \leq 99\%$
Тетерів – м.Радомишль, нижче	359,5	422,9	396,2	468,0	485,6	466,6	442,3	468,6	515,3
Тетерів – м. Радомишль, вище	338,0	408,6	470,2	470,2	492,3	458,9	452,2	455,2	511,6
Уборть – с.Перга	246,5	275,3	368,0	358,6	335,3	341,1	337,2	357,3	365,1
Гнилопять – Бердичів, вище	451,0	472,3	538,1	528,3	499,5	484,6	509,5	541,3	552,0
Гнилопять – м.Бердичів, нижче	524,0	532,0	546,2	587,1	571,9	659,5	556,8	595,4	735,5
Тетерів – м. Житомир, вище	330,7	365,4	395,5	420,4	426,3	402,2	399,7	378,0	437,2
Тетерів – м.Житомир нижче	348,0	435,1	475,5	501,8	527,3	511,1	493,9	501,3	525,3
Случ – м.Новоград-Волинський, вище	352,3	419,8	466,7	405,1	405,6	395,0	394,6	436,3	440,5
Случ – м.Новоград-Вол., нижче	431	475,7	422,7	431,5	422,7	411,3	460,3	436,5	515,3

Використовуючи табл. 4.3, будемо напівемпіричні криві залежності розчинених у річкових водах речовин ( $\Sigma i$ ) від величин витрат води певного діапазону забезпеченості (рис.2). Ці криві характеризують зміну вмісту розчинених у воді речовин протягом гідрологічного року, який описується широким діапазоном характерних витрат води різної забезпеченості (вісь абсцис). Знаючи забезпеченість вимірної витрати води, можна легко визначити величину показника суми іонів, користуючись відповідною напівемпіричною кривою.

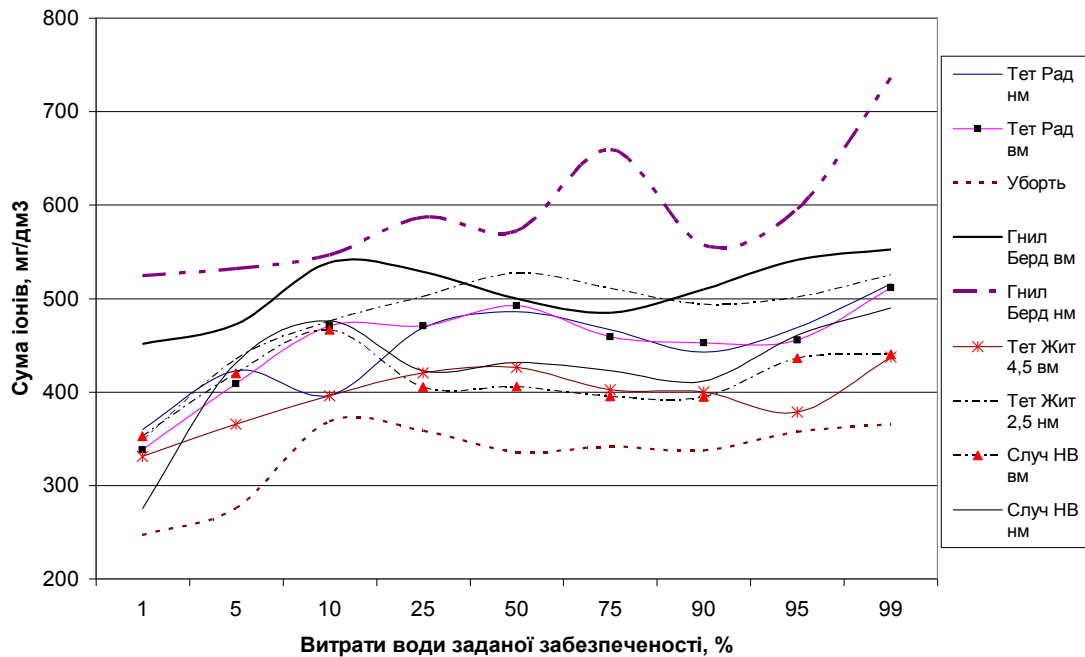


Рис. 4.37 Напівемпіричні криві залежності розчинених у річкових водах речовин (сума іонів) від величин витрат води повного діапазону забезпеченості

Не зважаючи на складний характер кривих, всі вони характеризуються трендом до збільшення розчинених у воді речовин, при зменшенні витрат води. Найменша величина  $\Sigma_i$  спостерігається на усіх без винятку річках на піку весняної повені, яка характеризується найвищими витратами води ( $Q5\% - Q1\%$  та  $Q_r \geq 1\%$ ). Найбільш ефективно розбавлення розчинених у воді річок речовин відбувається у період зміни витрат від  $Q10\%$  до  $Q1\%$  і вище, тобто на певному етапі весняної повені, після того як перша хвиля повені з інтервалом витрат  $Q50\% \geq Q_r \geq Q10\%$  добігає до річкового русла, розбавляючи з одного боку, більш мінералізовані руслові води і, з іншого боку, насичуючи їх додатковою кількістю забруднювальних речовин, змитими у процесі добігання талих снігових вод з водозбору річки. В цей, початковий період повені, спостерігається деяке підвищення вмісту розчинених речовин у русловому потоці, про що свідчать результати наших досліджень (рис.4.37.). При збільшенні витрат до величини  $Q10\%$  «промивання» водозбору завершується і при подальшому розвитку повені при збільшенні витрат до величини  $Q1\%$  і вище спостерігається «чисте» розбавлення річкових вод маломінералізованими

талими сніговим водами чи водами змішаного (снігового і дощового) походження. Це призводить до різкого зменшення розчинених речовин у воді річок. Наприклад, величина  $\Sigma_i$  при збільшенні витрат від Q10% до Q1% зменшується в середньому для р. Случ в створі нижче м. Новоград-Волинський аж на 201 мг/дм<sup>3</sup>, для р. Тетерів в створі нижче м. Житомир на 127,5 мг/дм<sup>3</sup>, для р. Уборть в створі с. Перга – на 121,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Після проходження максимальних витрат води на спаді весняної повені вже в інтервалі від Q1% до Q10% спостерігається зростання величини  $\Sigma_i$ . Причинами цього є поступове збільшення частки підземних вод у живленні річки, добігання забруднених мінеральними речовинами вод поверхнево-схилового стоку та стічні води.

Найбільше зростання вмісту розчинених речовин у воді річок спостерігається в меженні періоди в момент зниження водного стоку в діапазоні забезпеченості витрат Q90% - Q99%. Особливу увагу привертають створи нижче населених пунктів, адже в цих місцях гідрохімічний режим формується під сильним впливом промислових та комунальних скидних вод. Найбільш критичний стан якості води спостерігається в створі р. Гнилопять нижче м. Бердичів, де при зменшенні меженних витрат лише від 0,79 м<sup>3</sup>/с (Q90%) до 0,39 м<sup>3</sup>/с (Q99%) сума розчинених речовин зростає на 178,8 мг/дм<sup>3</sup>. В цьому створі річка відчуває вплив скидних вод одночасно декількох потужних підприємств м. Бердичева; підвищенню вмісту забруднюючих речовин сприяє і незадовільна робота очисних споруд міста [3].

Узагальнена напівемпірична модель залежності вмісту розчинених речовин від величини водного стоку для річок Житомирського Полісся у вигляді графіка Бокса-Вайскера показана на рис.4.38.

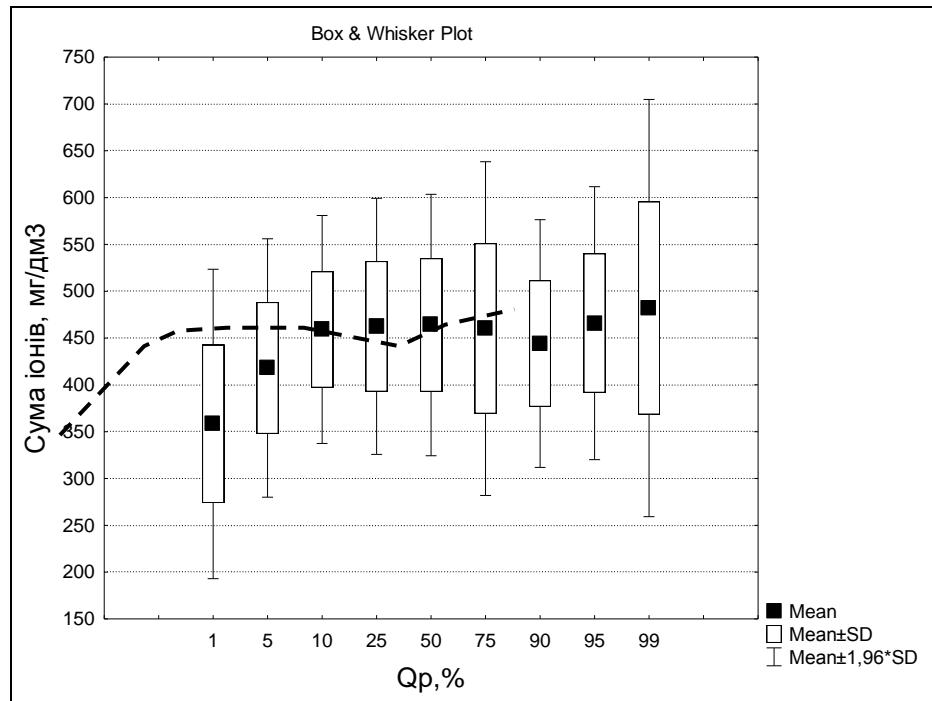


Рис. 4.38 Узагальнена напівемпірична модель залежності вмісту розчинених речовин від величини водного стоку для групи річок Житомирського Полісся з різним рівнем антропогенного навантаження

Вона дає чітке представлення про характер гідрохімічного режиму річок Житомирського Полісся з різним рівнем антропогенного навантаження протягом гідрологічного року. Основними рисами його є значне зменшення розчинених речовин у воді річок при збільшенні витрат в діапазоні Q10% - Q1%, та значне збільшення їх в діапазоні Q90% до Q99%. В інтервалі витрат Q10% - Q90% гідрохімічний режим за узагальненим показником середнього значення  $\Sigma_i$  характеризується незначною мінливістю.

Слід зауважити, що в залежності від направленості гідрологічних процесів (збільшення, чи зменшення витрат) в тих же самих інтервалах водності міняється і направленість гідрохімічних процесів: розбавлення, або накопичення речовин у воді.

Таким чином, у даному підрозділі описано розроблені нами основні принципи конструювання напівемпіричних графічних моделей гідрохімічного режиму річок та особливості їх застосування для гідрохімічних розрахунків. Суть

методу полягає у встановленні емпіричним шляхом зв'язків між водним стоком та концентрацією розчинених речовин для генетично однорідних зв'язаних гідрологічних та гідрохімічних рядів, які характеризують певні характерні періоди гідрологічного року – окремі фази гідрологічного режиму. Використання набору комбінацій цих зв'язків для різних фаз водності дозволяє конструювати напівемпіричні графічні моделі гідрохімічного режиму річок. Використання цих графічних моделей може бути рекомендовано як експрес-метод у гідрохімічних розрахунках.

#### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4.

1. Багаторічний режим розчинених у воді мінеральних речовин та окремих головних іонів залежить від багаторічних особливостей зміни водності річок. У періоди підвищеної водності концентрації розчинених іонів зменшуються, а у періоди низької водності – збільшуються.

2. Надходження додаткової кількості розчинних мінеральних речовин зі стічними водами помітно збільшує їх вміст у воді річок (від 100 до 250 мг/дм<sup>3</sup>), проте не змінює їх багаторічний режим.

3. Режим біогенних речовин формується під впливом цілого комплексу чинників: гідрологічний режим, режим надходження біогенних речовин зі стічними водами, гідробіологічні процеси у воді річок. Тому часовий розподіл концентрацій сполук азоту та фосфору має хаотичний характер, однак з певною точністю може бути описаний криволінійною поліноміальною моделлю часового процесу, яка свідчить про значний вплив на багаторічну мінливість цих речовин водного стоку річок.

4. Режим важких металів є досить складним. Значні коливання їх концентрацій пояснюються реакцією водного середовища на нерівномірні у часі надходження забруднювальних речовин у річки, на наявність так званих «залпових скидів» в окремі моменти часу, що призводить до різкого зростання концентрацій важких металів. В той же час, у воді деяких річок спостерігається



зменшення їх вмісту, починаючи з 2007 р., що, очевидно, пов'язано з покращенням технології вилучення їх зі стічних вод.

5. Багаторічний режим СПАР та нафтопродуктів характеризується різким зменшенням і стабілізацією їх вмісту у воді річок, починаючи з 2002 р.

6. Концентрації фенолів змінювалися протягом періоду спостережень в невеликих межах і без особливих закономірностей, хоча максимальні значення зазвичай реєструвалися в меженні періоди під час надходження значних обсягів стічних вод, або вод поверхнево-схилового стоку під час злив.

7. В динаміці величин показника БСК5 виявлено помітне зменшення його протягом досліджуваного періоду. Найбільш чітко ця тенденція виражена для створів, які розміщені в зонах впливу скидних вод, тобто нижче міст.

8. Динаміка  $O_2$  характеризується стабільністю з проявом рівномірних сезонних коливань, тренди до зростання чи спадання значень концентрацій відсутні.

9. Встановлено, що багаторічний режим розчинених у воді речовин залежить від багаторічних особливостей зміни водності річок. У періоди підвищеної водності концентрації розчинених іонів зменшуються, а у періоди низької водності – збільшуються. Надходження додаткової кількості розчинних мінеральних речовин зі стічними водами помітно збільшує їх вміст у воді річок (від 100 до 250 мг/дм<sup>3</sup>), проте не змінює їх багаторічний режим.

10. Виконано оцінку впливу водного стоку на формуванні хімічного складу води річок; здійснено апроксимацію залежностей розчинених у воді речовин від характеристик водного стоку за допомогою статистичних моделей.

11. Запропоновано застосовувати напівемпіричні графічні моделі для визначення параметрів гідрохімічного режиму річок в залежності від водного режиму.

## РОЗДІЛ 5

## ПРОГНОЗ ЗМІНИ ВОДНОГО СТОКУ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ РІЧОК НА ОСНОВІ ВОДНО-БАЛАНСОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ УКРАЇНИ НА ХХІ СТОЛІТТЯ

5.1. Методичні аспекти використання водно-балансових моделей для довгострокового прогнозування водних ресурсів

Водний стік річок визначається головним чином двома основними складовими водного балансу - кількістю атмосферних опадів на поверхню річкового водозбору та величиною випаровування, яка в свою чергу залежить від температури. Тому, знаючи кількість опадів та температуру повітря, можна здійснити розрахунки водного стоку за методом водного балансу.

В загальному вигляді формула водного балансу має такий вигляд:

$$Q = P - E, \quad (5.1)$$

де  $Q$  – стік води,  $P$  – опади,  $E$  – випаровування.

Сутність оцінки впливу кліматичних змін на водні ресурси за допомогою методу водного балансу полягає в умінні пов'язати зміни в реальних величинах випаровування з прогнозованими змінами опадів та потенційного випаровування [97].

Метод водного балансу досить успішно використовується для вирішення задач, пов'язаних з оцінкою впливу клімату на водні ресурси. Ця методика досить детально описана в численних наукових публікаціях [98-100].

В Україні успішним прикладом застосування методу водного балансу є, на нашу думку, робота Є.Д. Гопченко та Н.С. Лободи [101, 102], у якій було реалізовано рівняння водно-теплого балансу В.С. Мезенцева та ін. [103] для вирішення задачі оцінки природних водних ресурсів України. Іншу водно-балансову модель L. Turc [104] було використано І. Куприковим для оцінки

можливих змін водних ресурсів України в умовах глобального потепління [105]. Дана методика була використана для дослідження водного стоку річок України, включаючи і річки Житомирського Полісся [106]

Враховуючи міжнародний позитивний досвід використання моделі Турка (використання її польським гідрологом Z.Kaczmarek [107] для оцінки змін водних ресурсів планети при підготовці III доповіді Міжурядової групи експертів з питань змін клімату, апробація на річкових басейнах 40 країн світу у різних природних зонах під час виконання U.S.Country Studies program [107] ) можна рекомендувати її як основну модель для прогнозування змін водних ресурсів під впливом клімату і в умовах України.

Розрахункова водно-балансова модель Турка встановлює чітке співвідношення між опадами, температурою та стоком [104]

$$Q_a = P_a [1 - (L_a / \sqrt{c L_a^2 + P_a^2})] \quad (5.2)$$

де  $P_a$  – середня річна сума опадів,

$L_a$  – коефіцієнт регресії для залежності стоку від температури,

$T_a$  – середня річна температура (°C);

$c$  – калібраційний коефіцієнт, який визначається для даного річкового басейну на основі наявних даних про стік, опади та температуру.

L. Turc рекомендував використовувати генералізоване значення  $c = 0,9$  для тих випадків, коли калібрування параметра  $c$  не можна виконати. Однак, за умови наявності даних про гідрокліматичні характеристики досліджуваних басейнів, потрібно неодмінно провести параметризацію моделі, перш ніж її використовувати.

Дана водно-балансова модель набула значного поширення для прогнозу можливих змін водних ресурсів у другій половині XX ст. у зв'язку з виникненням нової наукової задачі – оцінки майбутніх запасів водних ресурсів у разі змін клімату викликаних глобальним потеплінням.

Зручність її використання пояснюється тим, що всі сучасні, як регіональні, так і глобальні кліматичні моделі, дозволяють розрахувати основні параметри майбутнього клімату планети в залежності від того, чи іншого

сценарію розвитку суспільства, а саме, температуру та опади. Тобто саме тих параметрів, які використовуються в моделі L. Turc як вхідні параметри.

5.2. Характеристика використаних прогнозних кліматичних характеристик, отриманих за моделями загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО)

#### 5.2.1. Короткий опис технології отримання кліматичних характеристик

Для розрахунку вхідних параметрів водно-балансової моделі нами були використані опубліковані результати прогнозування температури повітря і кількості опадів на ХХІ ст., які були розраховані фахівцями УкрНДГМІ та кафедри метеорології та кліматології Київського національного університету імені Тараса Шевченка з використанням ансамблю регіональних моделей клімату [108, 109 ].

Автори кліматичного прогнозу, в свою чергу, скористалися результатами Європейського проекту FP-6 ENSEMBLES [108] і використали з нього результати детальних розрахунків за 14 регіональними кліматичними моделями (РКМ) з 20 доступних для території України для сценарію SRES A1B [109] з горизонтальним розділенням 25км. Авторами даного прогнозу було проведено значний комплекс розрахунків для верифікації цих моделей з використанням даних спостережень та вимірів на метеорологічних (кліматичних) станціях України в період, який був прийнятий у якості базового для визначення майбутніх можливих кліматичних змін.

Характеристики використаних у моделюванні клімату України моделей наведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

**Характеристики регіональних кліматичних моделей(РКМ) з європейського рамкового проекту ENSEMBLES [108].**

№ моделі та її Акронім	Інститут-учасник ENSEMBLES, що виконав та надав розрахунки	Граничні умови (МЗЦАО), організація-розробник	Період розрахунку
1: <i>REMO</i>	<i>MPI-M</i> Інститут метеорології Макса-Планка, Гамбург, Німеччина	<i>ECHAM5-r3</i> <i>MPI-M</i>	1951 – 2100
2: <i>RCA3</i>	<i>SMHI</i> Россбі центр Шведського гідрометеорологічного інституту, Норкепінг, Швеція	<i>ECHAM5-r3</i> <i>MPI-M</i>	1951 – 2100
3: <i>RegCM3</i>	<i>ICTP</i> Міжнародний центр теоретичної фізики, Трієст, Італія	<i>ECHAM5-r3</i> <i>MPI-M</i>	1951 – 2100
4: <i>HIRHAM5</i>	<i>DMI</i> Датський метеорологічний інститут, Копенгаген, Данія	<i>ECHAM5-r3</i> <i>MPI-M</i>	1951 – 2100
5: <i>RACMO2</i>	<i>KNMI</i> Королівський нідерландський метеорологічний інститут, ДеБільт, Нідерланди	<i>ECHAM5-r3</i> <i>MPI-M</i>	1951 – 2100
6: <i>RM5.1</i> (Aladin)	<i>CNRM</i> Науково-дослідний інститут Метео-Франс, Тулуза, Франція	<i>ARPEGE</i> <i>CNRM</i>	1951 – 2100
7: <i>HadRM3Q0</i>	<i>METO-NC</i> Метеорол. офіс Надлі центр, Екзетер, Великобританія	<i>HadCM3Q0</i> <i>METO-NC</i>	1951 – 2100
8: <i>RRCM</i>	<i>VMGO</i> Головна геофізична обсерваторія ім.Воєйкова (ГГО), Санкт-Петербург, Росія	<i>HadCM3Q0</i> <i>METO-NC</i>	1951 – 2050
9: <i>CLM</i>	<i>ETHZ</i> Швейцарський технологічний	<i>HadCM3Q0</i> <i>METO-NC</i>	1951 – 2099

	інститут, Цюріх, Швейцарія		
10: <i>PROMES</i>	<i>UCLM</i> Університет Кастилья Ла Манча, Толедо, Іспанія	<i>HadCM3Q0</i> <i>METO-NC</i>	1951 – 2050
11: <i>RCA3</i>	<i>SMHI</i> Россбі центр Шведського гідрометеорологічного інституту, Норкепінг, Швеція	<i>HadCM3Q3</i> <i>METO-NC</i>	1951 – 2100
12: <i>RCA3</i>	<i>CAI</i> Консорціум для Ірландії в Ірландській національній метеорологічній службі, Дублін, Ірландія	<i>HadCM3Q16</i> <i>METO-NC</i>	1951 – 2099
13: <i>HIRHAM</i>	<i>METNO</i> Норвезький метеорологічний інститут, Осло, Норвегія	<i>BCM</i> <i>BCCR (Bjerknes Centre for Climate Research, Univ. of Bergen, Norway)</i>	1951 – 2050
14: <i>RCA3</i>	<i>SMHI</i> Россбі центр Шведського гідрометеорологічного інституту, Норкепінг, Швеція	<i>BCM</i> <i>BCCR (Bjerknes Centre for Climate Research, Univ. of Bergen, Norway)</i>	1951 – 2100

Як базовий для верифікації моделей в даному дослідженні обрано рекомендований ВМО стандартний кліматичний період 1961-1990 рр.

Верифікація РКМ показала [110, 111], що для оцінок можливих змін температурного режиму в Україні в XXI ст. доцільно застосовувати ансамбль з десяти запропонованих РКМ, а для кількості опадів оптимальним є ансамбль з 4 РКМ.

Майбутні кліматичні зміни у XXI ст. на території України аналізувалися для трьох 20-річних періодів: на найближчу (2011-2030 рр.), середню (2031-2050 рр.) та віддалену (2081-2100 рр.) перспективи. Зміни характеристик визначалися по відношенню до періоду сучасного клімату 1991-2010 рр.

Авторами кліматичних сценаріїв проводили розрахунки для всіх вузлів розрахункової сітки на території країни (близько 1200 вузлів) та усереднювалися для кожної адміністративної області та для 5 регіонів, виділених за подібністю фізико-географічних умов, однотипністю прояву кліматоутворюючих чинників, відносною однорідністю полів кліматичних характеристик. Для території Житомирського Полісся були отримані середнє, максимальне і мінімальне значення змін та абсолютних величин осереднених за площею.

### 5.2.2. Характеристика кліматичного прогнозу для території Житомирського Полісся на XXI століття

Для прогнозування водного стоку та пов'язаного з ним гідрохімічного режиму нами було відібрано дані кліматичного прогнозу для досліджуваної території для трьох 20-річних періодів: на найближчу (2011-2030 рр.), середню (2031-2050 рр.) та віддалену (2081-2100 рр.). Характеристику цих даних подаємо згідно [114].

У період найближчого майбутнього 2011-2030 рр. (табл.5.2) прогнозовані зміни термічного режиму області мають тенденції як до потепління, так і до похолодання.

Таблиця 5.2

#### Характеристики середніх місячних температур повітря у Житомирській області впродовж XXI ст. [ 108 ].

Період	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Температура, ° C													
2011-2030	-3,1	-2,6	1,5	9,2	14,9	18,3	20,6	19,7	14,3	8,6	2,8	-1,7	8,5
2031-2050	-1,6	-1,6	2,7	9,9	15,3	18,9	21,1	20,5	14,9	9,4	4,0	-0,4	9,4
2081-2100	0,0	0,3	4,4	11,1	16,8	20,5	23,5	22,9	16,9	10,6	5,7	1,5	11,2
Зміни температури, ° C													
2011-2030	0,25	-0,06	-0,28	0,24	0,34	0,58	0,50	0,63	0,67	0,57	0,56	0,96	0,41
2031-2050	1,75	0,95	0,89	0,93	0,75	1,15	1,08	1,40	1,30	1,32	1,75	2,22	1,29
2081-2100	3,29	2,82	2,60	2,16	2,19	2,73	3,41	3,82	3,34	2,55	3,38	4,15	3,04

Зниження температури прогнозується для лютого на  $-0,06^{\circ}\text{C}$  та березня  $-0,28^{\circ}\text{C}$ . З квітня і до кінця року очікується поступальне підвищення середньомісячної температури повітря. Найбільше потепління очікується у грудні, вересні та серпні ( $+0,96\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ ,  $+0,67\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ ,  $+0,63\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  відповідно). Січень – найхолодніший місяць року, абсолютне значення середньої температури для цього місяця прогнозується  $-3,1^{\circ}\text{C}$ . Липень буде найтеплішим місяцем з середньою температурою  $20,6^{\circ}\text{C}$ . Середня річна температура повітря становитиме  $8,5^{\circ}\text{C}$ . Найменші довірчі інтервали було отримано для серпня  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , найбільші – для січня  $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ .

Проекції змін температури повітря до середини XXI ст. вказують на однозначне потепління в усі місяці року. Зміни середньої річної температури цього періоду прогножуються  $+1,29\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Максимальні значення змін очікуються, як і в попередньому періоді, у грудні  $+2,22\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . На відміну від періоду найближчого майбутнього, значні зміни відбудуться у січні та листопаді  $+1,75\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  та  $+1,75\pm 0,4^{\circ}\text{C}$  відповідно, найменші – навесні з мінімумом у травні  $+0,75\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Холодний період року, зокрема зимові місяці, стануть значно теплішими. Січень та лютий прогножуються найхолоднішими місяцями року з однаковою температурою  $-1,6^{\circ}\text{C}$ , а середня температура грудня буде  $-0,4^{\circ}\text{C}$ . У літні місяці потепління спостерігатиметься нерівномірно, максимально у серпні на  $1,40\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . У червні та липні зміни температури становитимуть  $1,15\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  та  $1,08\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  відповідно. Середня річна температура повітря прогнозується зі значенням  $9,4^{\circ}\text{C}$ , що на  $0,7^{\circ}\text{C}$  вище попереднього періоду.

На кінець XXI ст. у Житомирській області прогнозується підвищення річної температури у середньому на  $+3,04\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ . Як і в обох попередніх періодах, найбільше потепління очікується для грудня  $+4,15\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ . Найменші зміни вірогідні навесні у квітні  $+2,03\pm 0,4^{\circ}\text{C}$  та, як і в середині століття, у травні  $+2,16\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ . У літні місяці передбачається суттєве поступове потепління. З червня до серпня зміни температури складають  $+2,73 - 3,82^{\circ}\text{C}\pm 0,4 - 0,6^{\circ}\text{C}$ . Середня температура всіх зимових місяців буде вищою  $0^{\circ}\text{C}$ . Середня річна температура повітря становитиме  $11,2^{\circ}\text{C}$ , що на  $1,8^{\circ}\text{C}$  вище попереднього



періоду. Довірчі інтервали на кінець ХХІ ст. очікувано найбільші, особливо для листопада та вересня ( $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$  та  $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$  відповідно).

Щодо середньої річної кількості опадів у Житомирській області, то в найближчий період очікується її збільшення на  $14 < 36 < 57$  мм або  $2 < 6 < 9\%$  (табл. 5.3). Впродовж року отримано збільшення місячних сум опадів з листопада до червня (максимально у березні на  $6 < 9 < 11$  мм або  $16 < 23 < 29\%$ ), у липні – без змін і у серпні, вересні та жовтні – незначне зменшення. В цілому, річний хід має чіткі максимум у червні-липні (81 та 82 мм відповідно) та мінімум у січні-лютому (40 і 38 мм відповідно). Зауважимо, що отримані зміни не перевищують довірчі інтервали, розраховані для рівня довіри 95%, і тому не значимі.

На середину сторіччя (2031-2050 рр.) очікується подальше збільшення середнього річного значення кількості опадів на  $38 < 61 < 87$  мм або  $7 < 10 < 14\%$  по відношенню до сучасного періоду. При цьому збільшення опадів очікується для всіх місяців окрім листопада, коли зменшення прогнозується по всій площі області на  $-7 < -5 < -2$  мм або  $-17 < -11 < -5\%$  і воно в межах довірчого інтервалу для рівня довіри 95%, тобто значиме. Також значимі збільшення опадів у січні ( $4 < 6 < 8$  мм або  $13 < 17 < 23\%$ ) та березні ( $7 < 10 < 12$  мм або  $20 < 27 < 29\%$ ), а максимальне, хоч і не значиме, – у грудні ( $9 < 12 < 16$  мм або  $27 < 34 < 41\%$ ). Річний хід в цілому залишається без змін з максимумом у липні (86 мм) та мінімумом у лютому (37 мм), але опадів у жовтні стане на -10 мм або -20% менше порівняно з попереднім періодом.

У наступному періоді віддаленого майбутнього (2081-2100 рр.) на території Житомирської області очікується максимальне серед трьох досліджуваних періодів збільшення середньої річної кількості опадів на  $45 < 83 < 113$  мм або  $8 < 13 < 18\%$ . Статистично значимі за рівня довіри 95% і максимальні збільшення кількості опадів отримано у березні ( $15 < 19 < 23$  мм або  $43 < 48 < 55\%$ ), січні ( $10 < 15 < 18$  мм або  $35 < 44 < 48\%$ ) та грудні ( $9 < 14 < 18$  мм або  $28 < 38 < 44\%$ ). Практично без змін кількість опадів у травні і червні, а досить суттєве зменшення на всій території області отримано у серпні ( $-15 < -10 < -2$  мм або  $-25 < -16 < -3\%$ ).

Таблиця 5.3

**Характеристики кількості опадів у Житомирській області впродовж  
XXI ст. [ 108 ].**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
<b>Значення кількості опадів, мм, у період 2011-2030 рр.</b>													
Макс	43	44	51	49	69	87	98	65	60	50	56	48	691
Середнє	40	38	48	45	64	81	82	60	56	43	51	44	652
Мін	35	29	44	42	49	70	65	54	51	34	41	39	585
<b>Зміни кількості опадів, %</b>													
Макс	25	13	29	15	17	13	5	4	4	2	16	27	9
Середнє	19	7	23	9	12	3	1	-4	-6	-4	11	20	6
Мін	16	-1	16	3	3	-6	-6	-10	-14	-7	7	13	2
<b>Значення кількості опадів, мм, у період 2031-2050 рр.</b>													
Макс	43	44	53	52	69	92	99	79	72	53	46	55	714
Середнє	40	37	49	48	64	83	86	70	65	46	41	49	678
Мін	33	28	42	44	51	73	74	62	59	38	33	43	608
<b>Зміни кількості опадів, %</b>													
Макс	23	12	29	20	18	16	12	21	21	9	-5	41	14
Середнє	17	5	27	14	13	7	5	11	9	3	-11	34	10
Мін	13	-5	20	9	6	3	-1	5	-3	-3	-17	27	7
<b>Значення кількості опадів, мм, у період 2081-2100 рр.</b>													
Макс	54	42	64	52	65	88	119	63	74	57	58	58	758
Середнє	49	40	58	49	60	77	92	53	69	51	53	51	700
Мін	40	32	50	45	47	66	74	44	63	43	46	43	615
<b>Зміни кількості опадів, %</b>													
Макс	48	18	55	24	8	4	24	-3	29	19	20	44	18
Середнє	44	13	48	18	5	-1	12	-16	16	13	16	38	13
Мін	35	9	43	12	1	-8	6	-25	3	8	11	28	8

В річному ході дещо підвищуються і максимум у липні (92мм), і мінімум у лютому (40мм), а між ними з'являються менші максимуми і мінімуми, що робить річний хід з одного боку більш хвилеподібним (коли після 92мм у липні кількість опадів зменшується до 53мм у серпні, а потім зростає до 69мм у вересні), а з іншого – вирівняним з жовтня до січня, коли кількість місячних опадів практично однакова (49-53мм).

5.2.3. Підготовка прогнозних кліматичних даних до застосування у гідрологічній водно – балансовій моделі

Використовуючи матеріали регулярних спостережень на 15 метеорологічних станціях, розміщених в межах Житомирського Полісся, нами

було виконано підготовку вхідних даних для гідрологічної моделі. Розрахунки проводилися з урахуванням географічного положення річкових басейнів та розміщених у їх межах метеорологічних станцій. Спочатку розраховувались середньозважені для басейнів кліматичні характеристики базового періоду (1991-2010 рр.), а потім з використанням даних табл. 5.2 та 5.3 здійснювалось коригування кліматичних характеристик для трьох прогностичних періодів. Результати цього етапу роботи наведені у табл. 5.4. та 5.5.

Таблиця 5.4

### Вхідні прогностичні значення температури для різних рівнів прогнозу

Річка – пункт	Базовий період	Прогностичні періоди		
		1991-2010	2011-30	2031-2050
Случ-с.Громада	8	8,41	9,29	11,04
Случ-м.Новогр. Вол.	8,1	8,51	9,39	11,14
Уборть- с. Рудня Ів.	7,9	8,31	9,19	10,94
Уборть-с.Перга	7,8	8,21	9,09	10,84
Уж-м.Коростень	7,9	8,31	9,19	10,94
Норинь- с.Славенщина	7,7	8,11	8,99	10,74
Тетерів-м.Житомир	8	8,41	9,29	11,04
Ірша- м.Волод. Вол.	7,8	8,21	9,09	10,84
Ірша- с.Українка	7,8	8,21	9,09	10,84

Візуалізація цих даних представлена на рис.5.1.

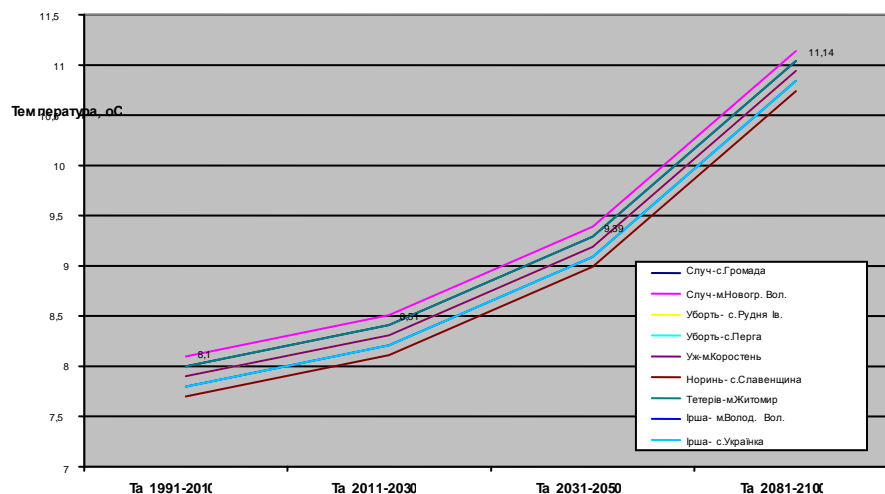


Рис. 5.1 Зміна середніх річних величин температури протягом ХХІ століття в межах досліджуваних водозбірних басейнів

Таблиця 5.5

**Вхідні прогнозні значення річних сум опадів для різних рівнів прогнозу ( середні значення)**

Річка - пункт	1991-2010	2011-2030		2031-2050		2081-2100	
		Зміна +6%	Мм	Зміна +10%	мм	Зміна +13%	Мм
Случ-с.Громада	567	34,02	601,02	56,7	623,7	73,71	640,71
Случ-м.Новоґр. Вол.	620	37,2	657,2	62	682	80,6	700,6
Уборть-с. Рудня Ів.	569	34,14	603,14	56,9	625,9	73,97	642,97
Уборть-с.Перга	650	39	689	65	715	84,5	734,5
Уж-м.Коростень	598	35,88	633,88	59,8	657,8	77,74	675,74
Норинь-с.Славенщина	570	34,2	604,2	57	627	74,1	644,1
Тетерів-м.Житомир	600	36	636	60	660	78	678
Ірша- м.Володарськ-Волинський	620	37,2	657,2	62	682	80,6	700,6
Ірша- с.Українка	620	37,2	657,2	62	682	80,6	700,6

Візуалізація цих даних представлена на рис.5.2.

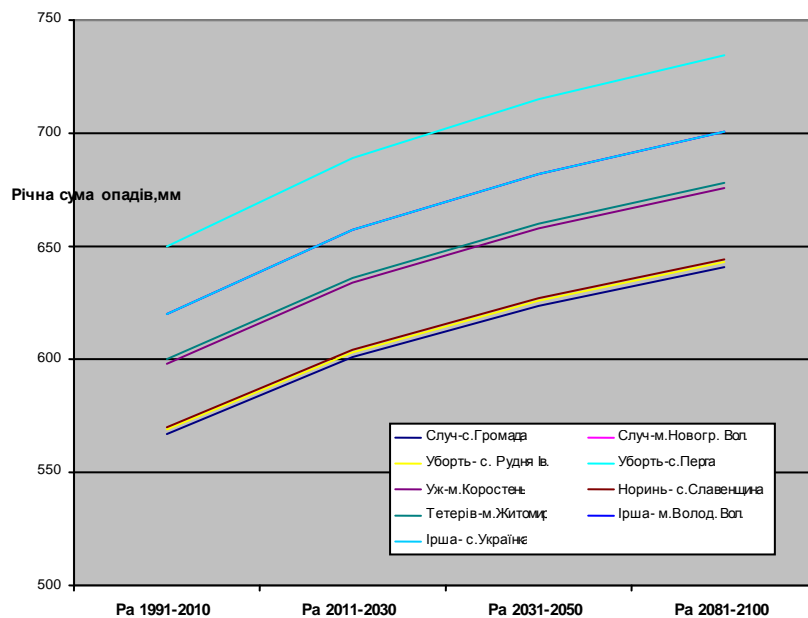


Рис. 5.2 Зміна річної кількості опадів у басейнах досліджуваних річок (середні прогнозні значення)

Узагальнені прогнознi данi для трьох перiодiв наведенi у табл. 5.6.

Таблиця 5.6

**Узагальнені прогнознi данi для трьох перiодiв**

Рiчка-пункт	1991 2010	2011-2030			2031-2050			2081-2100	
		мiн	сер	макс	мiн	сер	макс	сер	Макс
Случ-с.Громада	567	578,34	601,02	618,03	606,6	623,7	646,3	640,71	669,06
Случ-м.Новоград. Вол.	620	632,4	657,2	675,8	663,4	682	706,8	700,6	731,6
Уборть- с. Рудня Iв.	569	580,3	603,1	620,21	608,8	625,9	648,6	642,97	671,42
Уборть-с.Перга	650	663	689	708,5	695,	715	741	734,5	767
Уж-м.Коростень	698	711,9	739,8	760,82	746,8	767,8	795,7 2	788,74	823,64
Норинь- с.Славенщина	570	581,4	604,2	621,3	609,9	627	649,8	644,1	672,6
Тетерiв- м.Житомир	600	612	636	654	642	660	684	678	708
Iрша- м.Волод. Вол.	620	632,4	657,2	675,8	663,4	682	706,8	700,6	731,6
Iрша- с.Украiнка	620	632,4	657,2	675,8	663,4	682	706,8	700,6	731,6

5.3. Прогноз водного стоку основних рiчок рiгiону для рiзних часових перiодiв

Розрахунок здiйснювався за формулою 5.2 запрограмованою у “EXCEL”. Перед початком обчислень було виконано параметризацiю (калібрування) моделi, тобто пiдбiр коефiцiєнта С. В якостi калiбрацiйного перiоду було вибрано перiод 1991-2000 рр. оскiльки вiн був використаний клiматологами у якостi базового перiоду пiд час прогнозування клiматичних характеристик.

Калiбрування моделi проводилося на ретроспективному рядi спостережень 1991-2000 рр. для перевiрки точностi розрахункiв та пiдгонки коефiцiєнта С до оптимальних величин, якi дозволяють отримувати мiнiмальнi помилки при прогнозування Qa. Результати перевiрки якостi калiбрування моделi показано в табл..5.7 та рис.5.3.

Таблиця 5.7

**Характеристика точності підгонки гідрологічної моделі до фактичних даних спостережень**

	Qa прогн., 1991- 2000	Qa факт., 1991- 2000	%відх від факт значень
р..Случ - с.Громада			
р.Случ - Нов.Волинськ.	108,8	108,6	0,2
р.Уборть -с.Рудня Ів.	121,1	127,0	-4,6
р.Уборть - с.Перга	237,1	235,0	0,9
р.Уж - м.Коростень	150,4	154,4	-2,6
р.Норин-с.Славенщина	93,8	93,1	0,7
р.Тетерів - м.Житомир	185,9	180,4	3,0
р.Ірша-сmt.Володарськ- Волинський	84,4	88,8	-5,0
р.Ірша-с.Українка	135,5	139,5	-2,9
	86,5	89,4	-3,2

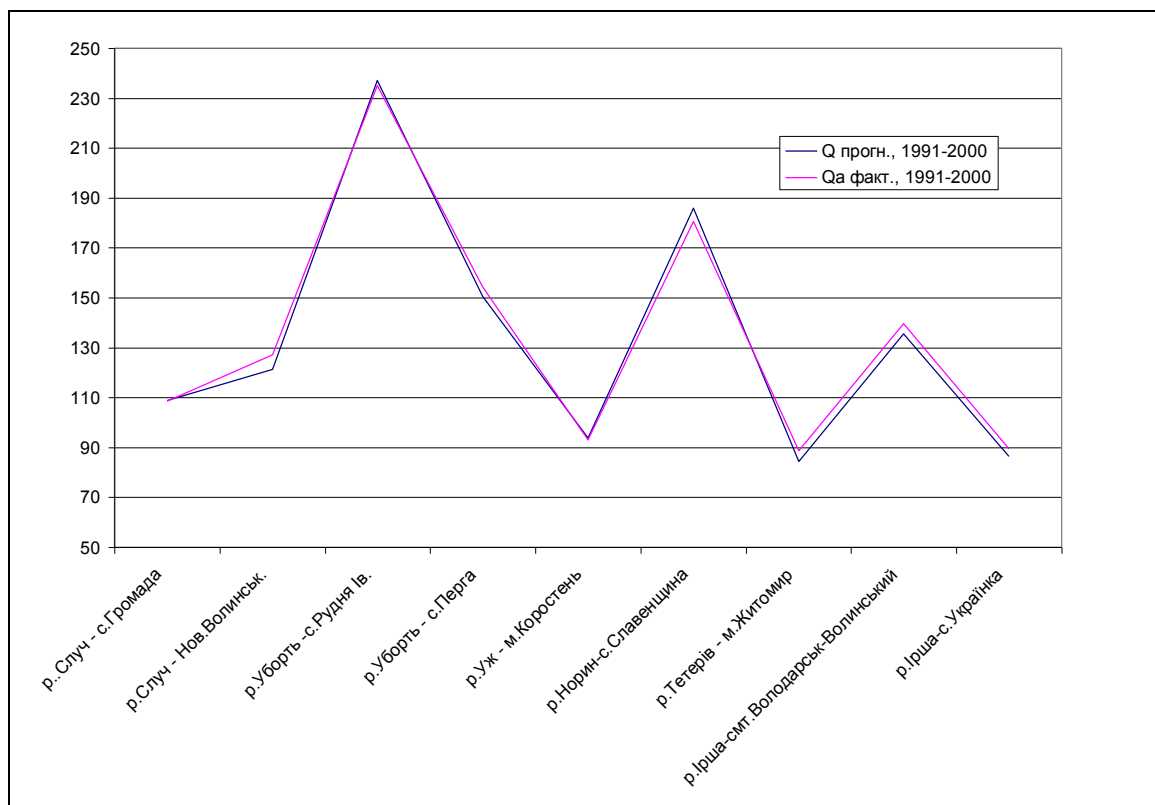


Рис. 5.3 Характеристика точності калібрування моделі

Наведені вище дані свідчать про досить точний підбір коефіцієнта  $C$ , оскільки розбіжність прогнозних і фактичних даних не перевищує 5%.

Результати прогнозу шару водного стоку з урахуванням мінімальних середніх та максимальних величин прогнозних кліматичних показників наведено на рис. 5.4 – 5.6.

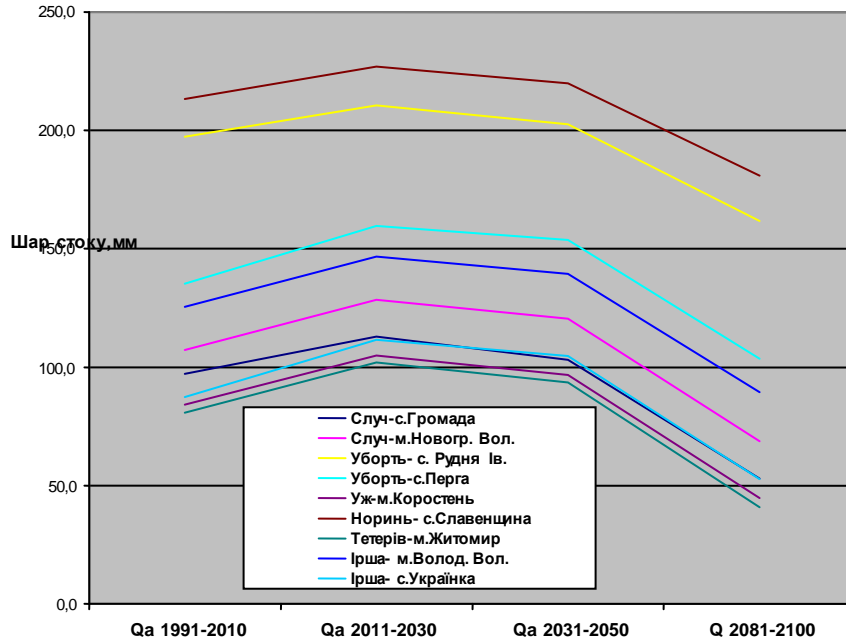


Рис. 5.4 Прогноз шару водного стоку з урахуванням середніх прогнозних величин кліматичних показників

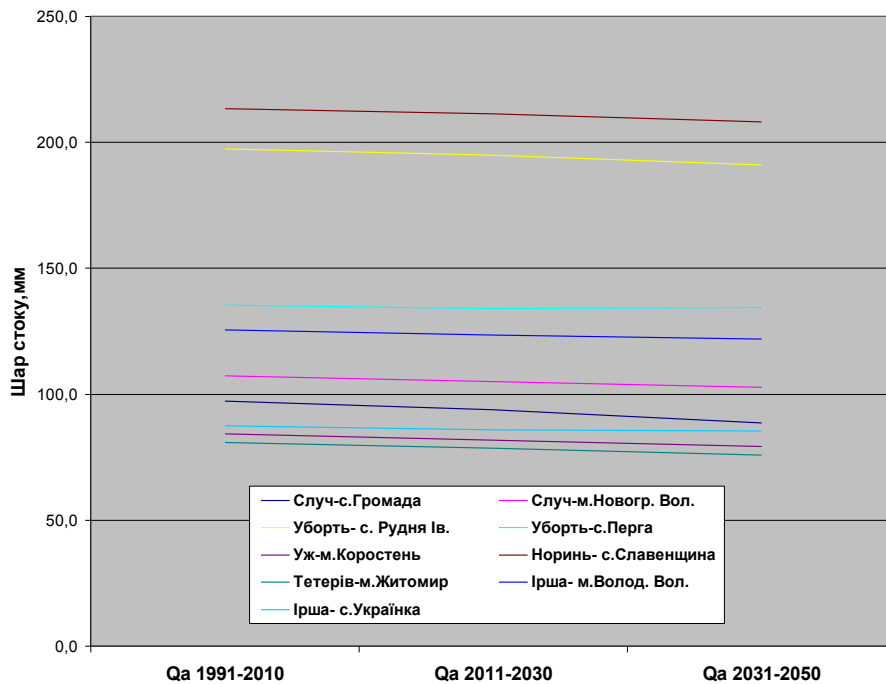


Рис. 5.5 Прогноз шару водного стоку з урахуванням мінімальних прогнозних величин кліматичних показників

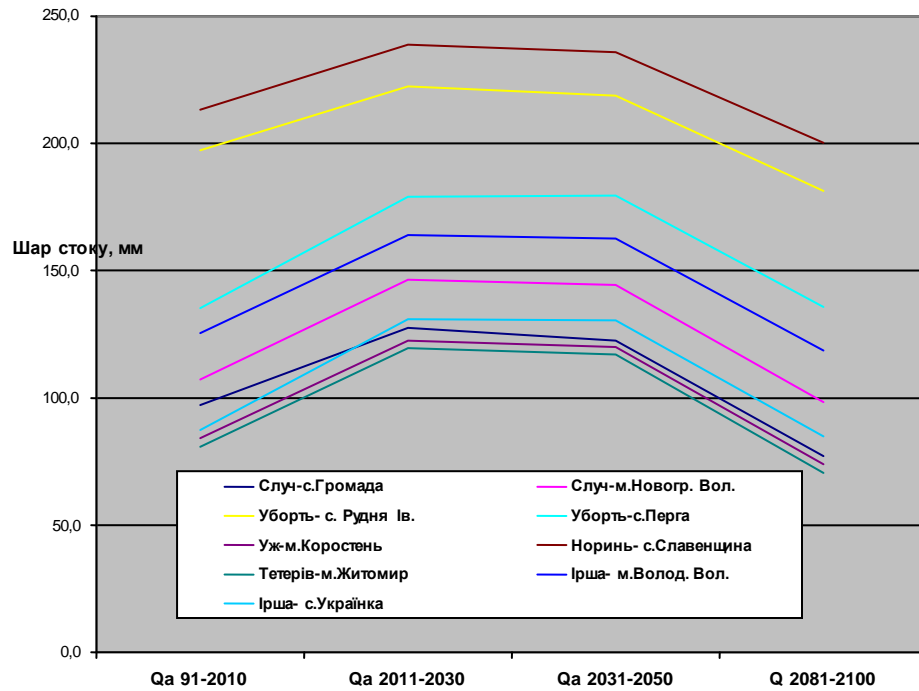


Рис. 5.6 Прогноз шару водного стоку з урахуванням максимальних прогностичних величин кліматичних показників

В табл. 5.7 представлені осереднені прогностичні характеристики водного стоку річок для різних прогностичних рівнів, які порівняні з середньою багаторічною нормою стоку.

Таблиця 5.7

**Середні прогностичні характеристики водного стоку річок для різних прогностичних рівнів (Qa ) та їх середні багаторічні норми стоку.**

Річка-пункт	Середня багаторічна норма, мм	Qa 1991-2010	Qa 2011-2030	Qa 2031-2050	Q 2051-2100
Случ-с.Громада	120,8	97,3	111,5	104,7	65,0
Случ-м.Новогр. Вол.	120,5	107,1	126,6	122,5	83,5
Уборть- с. Рудня Ів.	159,5	197,3	209,3	204,1	171,4
Уборть-с.Перга	141,3	135,2	157,5	155,9	119,6
Уж-м.Коростень	102,2	84,1	103,0	98,6	59,3
Норинь- с.Славенщина	161,2	213,4	225,6	221,3	190,6
Тетерів-м.Житомир	95,7	80,8	99,9	95,4	55,7
Ірша- м.Волод. Вол.	118,3	125,5	144,7	141,2	104,1
Ірша- с.Українка	99,6	87,3	118,0	113,3	63,4
Qa прогн. Середнє		<b>125,3</b>	<b>144,0</b>	<b>139,7</b>	<b>101,4</b>



На рис.5.7 виконано візуальне порівняння середніх прогнозних величин шару водного стоку по окремих річкових басейнах та середнього прогнозного шару водного стоку території Житомирського Полісся з середніми багаторічними нормами водного стоку.

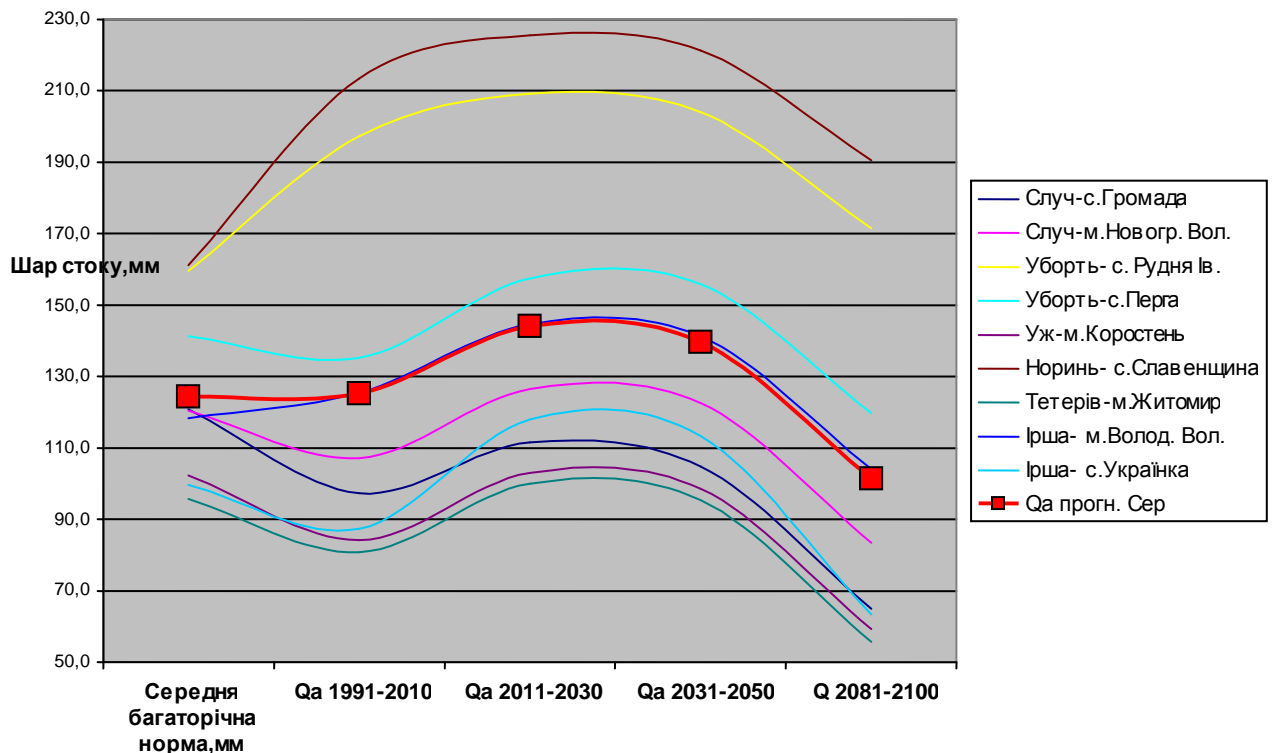


Рис. 5.7 Порівняння середніх прогнозних величин шару водного стоку по окремих річкових басейнах та середнього прогнозного шару водного стоку території Житомирського Полісся з середніми багаторічними нормами водного стоку

На рис. 5.8 – 5.10 представлено результати порівняння розрахованих прогнозних величин водного стоку річок з їх сучасними багаторічними нормами.

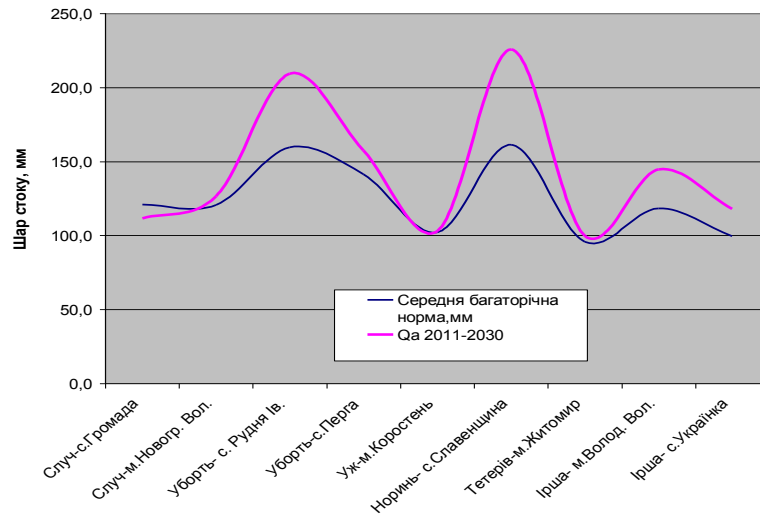


Рис. 5.8 Порівняння прогностичних величин водного стоку річок Житомирського Полісся для періоду 2011-2030 рр. з багаторічною нормою стоку

Як видно з цього рисунку, водний стік річок Уж, Тетерів і Случ практично не зміниться і буде близьким до багаторічної норми стоку. Стік річок Уборть, Норинь і Ірша збільшиться.

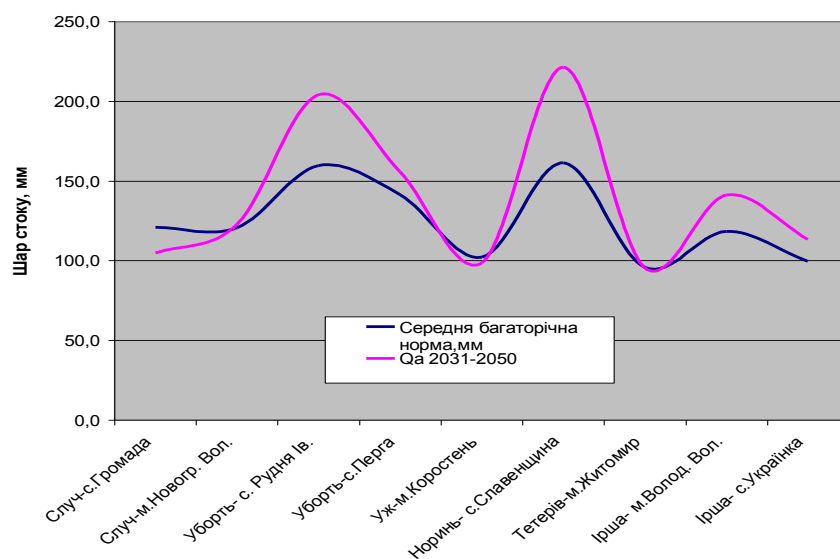


Рис. 5.9 Порівняння прогностичних величин водного стоку річок Житомирського Полісся для періоду 2031-2050 рр. з багаторічною нормою стоку

В 2031-2050 рр. зміна стоку в порівнянні з багаторічною нормою буде мати такий же характер як і у попередньому.

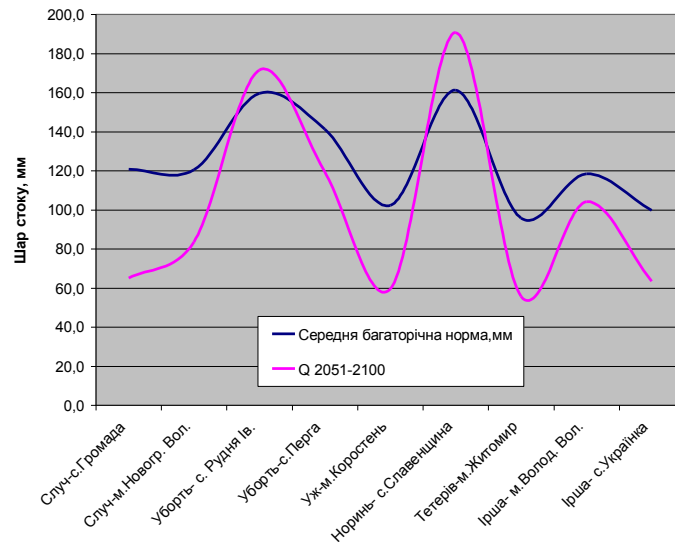


Рис. 5.10 Порівняння прогностичних величин водного стоку річок Житомирського Полісся для періоду 2081-2100 рр. з багаторічною нормою стоку

В останньому розрахунковому періоді стік річок Уборть і Норинь буде дещо вищим від норми, стік інших річок суттєво зменшиться.

В якій мірі відбудуться ці зміни показано у наступній табл.5.8. представлено розрахунки можливих відхилень середніх прогностичних величин водного стоку річок Житомирського Полісся від багаторічних норм водного стоку

Таблиця 5.8

**Відхилення середніх прогностичних величин водного стоку річок Житомирського Полісся від багаторічних норм водного стоку, %**

	Qa 2011-2030	Qa 2031-2050	Q 2081-2100
Случ-с.Громада	-7,7	-13,3	-46,2
Случ-м.Новогр. Вол.	5,1	1,7	-30,7
Уборть- с. Рудня Ів.	31,2	27,9	7,5
Уборть-с.Перга	11,5	10,3	-15,3
Уж-м.Коростень	0,8	-3,5	-42,0
Норинь- с.Славенщина	40,0	37,3	18,2
Тетерів-м.Житомир	4,4	-0,3	-41,9
Ірша- м.Волод. Вол.	22,4	19,4	-12,0
Ірша- с.Українка	18,5	13,7	-36,4
<b>Середнє відхилення</b>	<b>14,0</b>	<b>10,4</b>	<b>-22,1</b>

Дані таблиці 5.8 свідчить, що протягом двох розрахункових періодів (включно 2050 р.) суттєвого зменшення водного стоку досліджуваних річок не

передбачається. Однак можливе аномально високе збільшення стоку р. Норинь у 2011 – 2030 рр., яке пояснюється прогнозованим суттєвим збільшенням опадів, морфометричними особливостями басейну, характером підстильної поверхні. В період 2081-2100 рр. найбільш загрозна ситуація стосовно зменшення водного стоку може скластися для річок Тетерів, Ірша, Случ, Уж, де зменшення стоку, порівняно з багаторічними нормами стоку (від 30 до 46%). Середнє зменшення шару стоку для території Житомирського Полісся може досягти 22%.

Особливості просторової трансформації шару стоку у зв'язку із прогнозованими кліматичними змінами показано на рис.5.11 - 5.13.

Розподіл прогнозованих величин річного шару водного стоку в межах Житомирського Полісся у період 2011 - 2030 рр. та у період 2031 – 2050 рр. практично не зміниться. Величина шару стоку буде збільшуватися від 80 до 200 мм і вище з півдня на північ, тобто буде спостерігатися певна широтна зональність цього показника (рис.5.11 і 5.12).

В останньому прогнозному періоді (2081 – 2100 рр.) ситуація може змінитися у разі справдження кліматичного та гідрологічного прогнозу. Більшу частину території буде характеризувати шар стоку потужністю до 100-110 мм, причому ознаки широтної зональності проявлятися тут не будуть (рис. 5.13). Лише на півночі досліджуваної території можливе деяке локальне збільшення шару стоку до 170 - 200 мм.

Дані картосхеми можуть бути використані для визначення зон водогосподарського ризику та для розробки і проведення адаптаційних заходів до зміни клімату у басейнах окремих річкових басейнів.



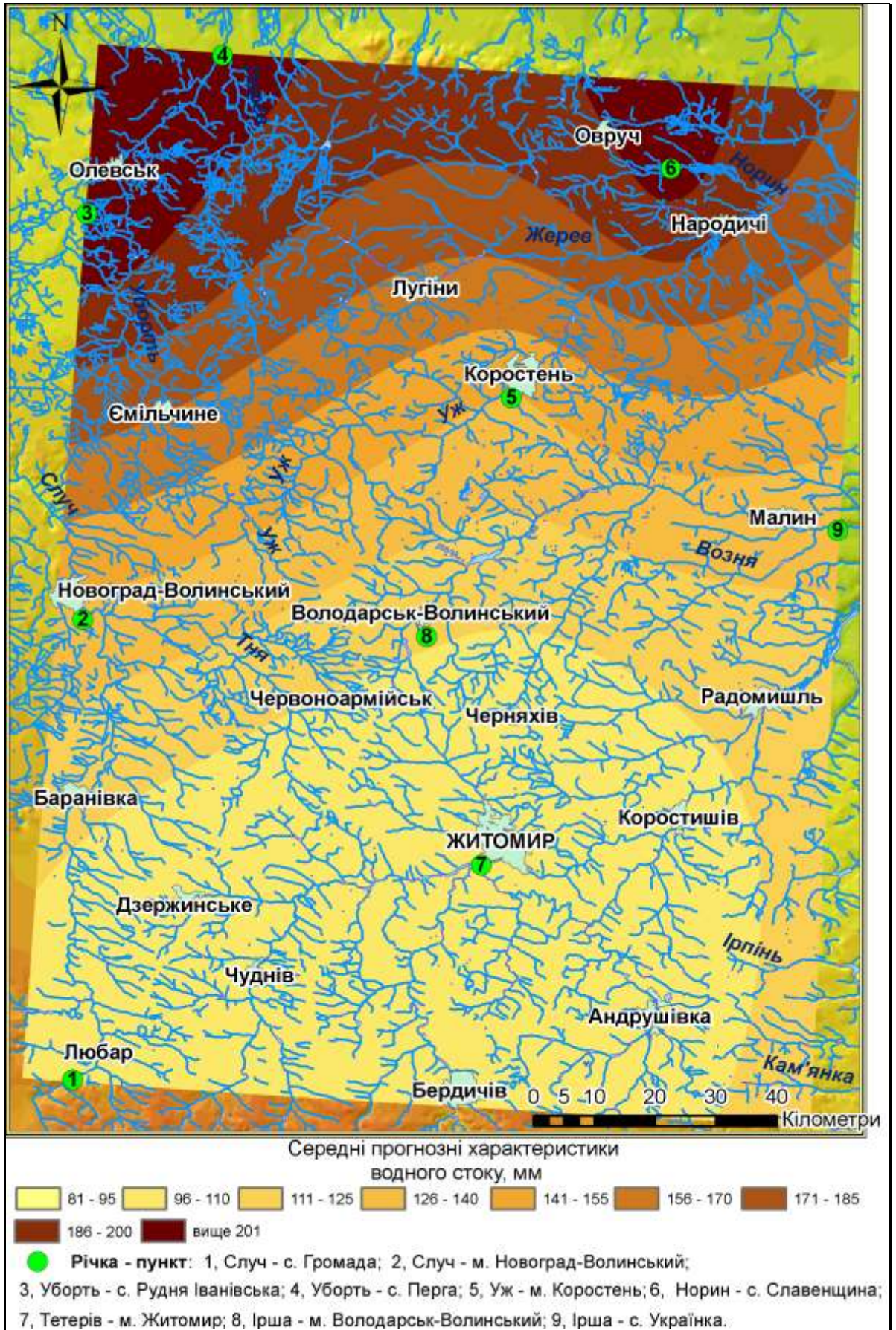


Рис. 5.11 Просторовий розподіл прогнозованих величин річного шару водного стоку в межах Житомирського Полісся у період 2011 - 2030 рр.



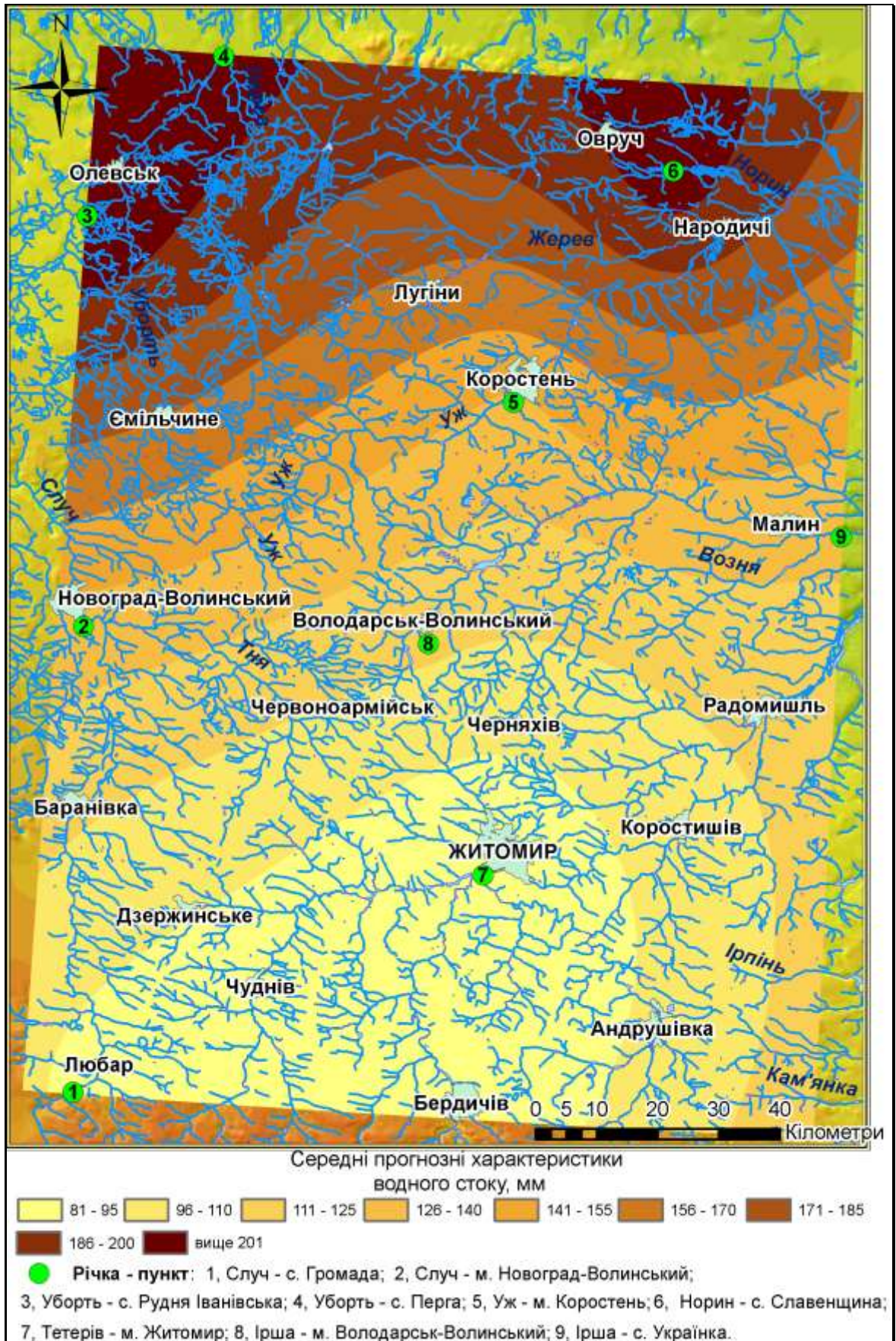


Рис. 5.12 Просторовий розподіл прогнозованих величин річного шару водного стоку в межах Житомирського Полісся у період 2031 – 2050 рр.



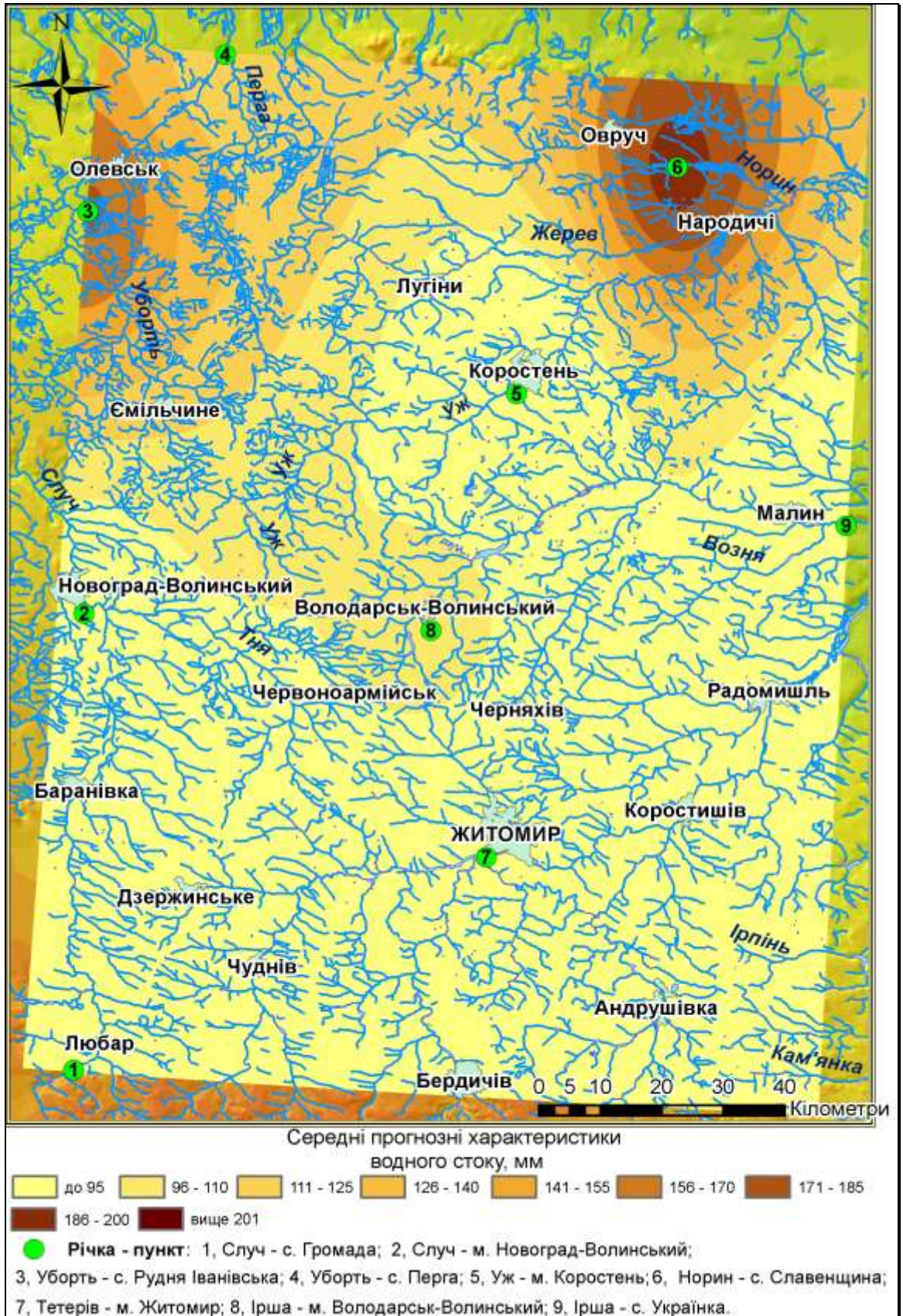


Рис. 5.13 Просторовий розподіл прогнозованих величин річного шару водного стоку в межах Житомирського Полісся у період 2081 – 2100 рр.

#### 5.4. Прогноз хімічного складу води річок під впливом кліматичних змін

Водний стік, який змінюється в залежності від зміни параметрів водно-теплого балансу річкового водозбору, тобто залежить від кліматичних коливань, залишається одним із основних чинників формування хімічного складу води. Збільшення, чи зменшення водності річок призводить до зміни умов розбавлення розчинених у воді речовин та зміни їх вмісту. Кліматичний чинник, який регулює гідрологічний режим, найбільше впливає на зміну розчинених у воді мінеральних речовин, що виражаються таким показником як сума іонів. Вплив гідрологічного чинника на концентрацію біогенних елементів, органічних сполук і мікроелементів не значний, оскільки на їх вміст суттєвий вплив мають фізико-хімічні та біологічні процеси у водному середовищі [84].

Саме тому оціночний прогноз хімічного складу води під впливом зміни клімату можна здійснити лише для розчинених у воді мінеральних речовин.

Для оцінки можливого впливу кліматичних змін на хімічний склад води річок було використано два методичні підходи:

- 1) розрахунок сумарного вмісту розчинених у воді мінеральних речовин з використанням розрахованих у розділі 4 статистичних залежностей між показниками хімічного складу води та витратами води;
- 2) розрахунок сумарного вмісту розчинених у воді мінеральних речовин з використанням напівемпіричних графічних моделей гідрохімічного режиму річок.

Для виконання розрахунків прогнози величини шарів водного стоку для річок Житомирського Полісся були переведені в середні річні витрати води ( $Q$ ) з використанням формули 5.3 (табл.5.9).

$$Q = (1000 \cdot h \cdot F) / t, \quad (5.3)$$

де  $h$  – прогнозний шар стоку, мм;  $F$  – площа водозбору,  $\text{км}^2$ ;  $t$  – час, сек.



Таблиця 5.9

**Розрахунок середніх річних витрат води річок на різні прогностні рівні XXI століття**

	Багаторічна Норма	2011-2030	2031-2050	2081-2100
Случ-с.Громада	9,5	8,77	8,23	5,11
Случ-м.Новогр. Вол.	28,5	29,94	28,99	19,76
Уборть-с. Рудня Ів.	2,58	3,38	3,30	2,77
Уборть-с.Перга	12,9	14,38	14,23	10,93
Уж-м.Коростень	4,7	4,74	4,54	2,73
Норинь-с.Славенщина	4,11	5,75	5,64	4,86
Тетерів-м.Житомир	16,0	16,70	15,95	9,30
Ірша- м.Волод. Вол.	0,78	0,95	0,93	0,69
Ірша- с.Українка	8,21	9,73	9,34	5,22

Підставляючи отримані значення середніх річних витрат води річок на різні прогностні рівні по чергово у рівняння залежностей суми розчинених у воді речовин від витрат води та використовуючи напівемпіричні криві залежності розчинених у річкових водах речовин (сума іонів) від величин витрат води (рис.5.14) та осереднюючи результати, що отримані обома способами, знаходимо оціночні значення прогностних величин суми іонів (табл. 5.10).

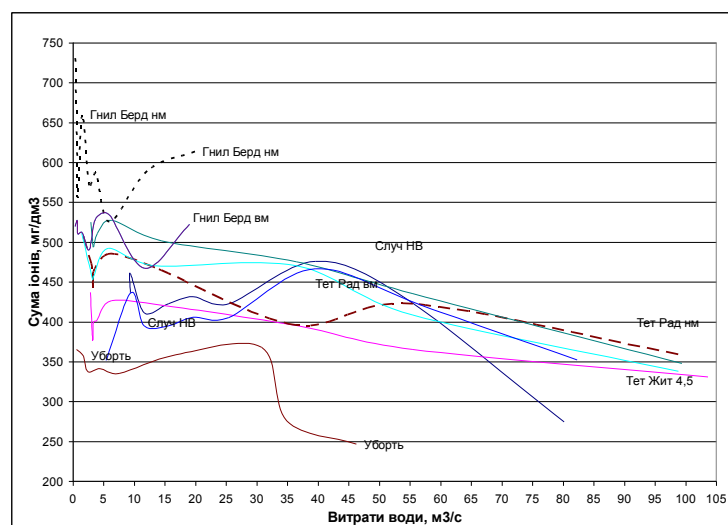


Рис. 5.14 Напівемпіричні криві залежності розчинених у річкових водах речовин (сума іонів) від величин витрат води

Таблиця 5.10

Оціночні значення прогнозних величин суми іонів (мг/дм<sup>3</sup>)

Річка - пункт	Сучасні значення	Прогнозні величини		
		2011-2030	2031-2050	2081-2100
Случ-м.Новоград Волинський	440,4	402,0	405,0	432,4
Уборть-с.Перга	348,7	360,3	355,2	320,0
Уж-м.Коростень	234,9	210,0	215,3	250,6
Тетерів-м.Житомир	506,9	550,2	567,8	522,9

Результати оціночних розрахунків наведені нижче (рис.5.15) у вигляді графіків.



Рис. 5.15 Оціночний прогноз зміни вмісту розчинених у воді речовин у XXI столітті

Згідно отриманих розрахунків, навіть при можливому помітному зниженні водного стоку на окремих річках, зміна вмісту розчинених мінеральних речовин буде незначною. Так, наприклад, найбільше зменшення водного стоку (-41,9 %) може відбутися в кінці поточного століття на р. Тетерів біля Житомира. Збільшення вмісту розчинених солей в цьому випадку передбачається лише на 3% у порівнянні із сучасним періодом.

Отже, проведені оціночні дослідження дозволяють стверджувати, що протягом XXI століття, не зважаючи на можливе зменшення водного стоку на

річках Житомирського Полісся, зміни у середніх річних характеристиках показників хімічного складу води будуть несуттєвими.

#### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5.

1. Розрахунки прогнозних характеристик водного стоку для території Житомирського Полісся на XXI століття на основі водно-балансової моделі Турка та результатів моделювання клімату на основі ансамблю регіональних кліматичних моделей дозволили встановити, що протягом двох розрахункових періодів (включно 2050 р.) суттєвого зменшення водного стоку досліджуваних річок не передбачається.

2. В період 2081-2100 рр. найбільш загрозна ситуація стосовно зменшення водного стоку може скластися для річок Тетерів, Ірша, Случ, Уж, де передбачається ймовірне зменшення стоку на 30-46%, порівняно з багаторічними нормами.

3. Середнє зменшення шару стоку в період 2081-2100 рр. для території Житомирського Полісся може досягти 22%.

4. Згідно отриманих оціночних розрахунків, навіть при можливому помітному зниженні водного стоку на окремих річках, зміна вмісту розчинених мінеральних речовин буде несуттєвою.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено багаторічні особливості водного стоку з виділенням його фазово-циклічної структури. Протягом періоду надійних гідрометричних вимірювань (1950-2012 рр.) встановлено три повних цикли водності тривалістю 22, 11 і 22 роки, кожен з яких включає маловодну та багатоводну фазу різної тривалості.

2. Розраховано статистичні параметри рядів водного стоку та уточнено багаторічні норми стоку з урахуванням фазово-циклічної структури рядів гідрологічних спостережень. Показано, що норми стоку в окремі фази, і навіть періоди, суттєво відрізняються між собою. Цей факт необхідно враховувати при виборі порівняльних періодів для водогосподарських, гідрохімічних та прогнозних гідрологічних розрахунків.

3. Аналіз багаторічної динаміки водного стоку шляхом виділення часових трендів та їх оцінки за допомогою критерія Манна-Кенделла дозволив встановити, що статистично значимих змін водного стоку річок Житомирського Полісся протягом багаторічного періоду не виявлено. В той же час для короткотривалих циклів водності встановлені статистично значимі тренди, їх направленість залежить від порядку чергування багатоводної і маловодної фаз водності.

4. Найкращий результат апроксимації часового ходу водності за багаторічний період отримано у випадку використання поліноміальної моделі 6 порядку, яка в однаковій мірі описує і періоди зростання (багатоводні періоди) і періоди спадання водності (маловодні періоди).

5. Встановлено, що характер внутрішньорічної зміни водності досліджуваних річок загалом відповідає раніше виявленим регіональним закономірностям, проте відмічаються значні розбіжності у розподілі стоку за місяцями гідрологічного року у багатоводні і у маловодні роки. У багатоводні роки (наприклад у 1981 р.) стік характеризується потужною хвилею весняної повені та ще двома хвилями літніх і зимових паводків, що викликані таненням снігу та дощовими опадами на сніговий покрив. Розподіл стоку у

маловодні роки невиразний – виділяється лише весняна повінь. В останні роки (маловодна фаза нового циклу водності) відбувається критичне зниження рівнів та витрат води, під час літньої межени, особливо у посушливі роки (2003 р., 2010р., 2011 р., 2015 р.), що викликає серйозне занепокоєння у спеціалістів водного господарства та населення.

6. Багаторічний режим розчинених у воді речовин залежить від багаторічних особливостей зміни водності річок. У періоди підвищеної водності концентрації розчинених іонів зменшуються, а у періоди низької водності – збільшуються. Надходження додаткової кількості розчинних мінеральних речовин зі стічними водами помітно збільшує їх вміст у воді річок (від 100 до 250 мг/дм<sup>3</sup>), проте не змінює їх багаторічний режим.

7. Виконано оцінку впливу водного стоку на формуванні хімічного складу води річок; здійснено апроксимацію залежностей розчинених у воді речовин від характеристик водного стоку за допомогою статистичних моделей.

8. З метою зменшення можливих похибок, що виникають при статистичному моделюванні зв'язків типу  $C = f(Q)$  з використанням багаторічних генетично неоднорідних гідрологічних і гідрохімічних рядів, нами (Сніжко, Павельчук, 2014) запропоновано застосувати альтернативний спосіб візуального вираження параметрів гідрохімічного режиму в широкому діапазоні реальних величин водного стоку шляхом конструювання напівемпіричних графічних моделей, в яких загальний вид функціональних залежностей встановлюється на підставі теоретичних уявлень про зміну впливу водного стоку на вміст розчинених у воді хімічних речовин, а емпіричні дані використовуються для визначення параметрів гідрохімічного

9. Розрахунки прогнозних характеристик водного стоку для території Житомирського Полісся на XXI століття на основі водно-балансової моделі Турка та результатів моделювання клімату на основі ансамблю регіональних кліматичних моделей дозволили встановити, що протягом двох розрахункових періодів (включно 2050 р.) суттєвого зменшення водного стоку досліджуваних річок не передбачається. В період 2051-2100 рр. найбільш загрозна ситуація стосовно зменшення водного стоку може скластися для річок Тетерів, Ірша,

Случ, Уж, де передбачається ймовірне зменшення стоку на 30-46%, порівняно з багаторічними нормами. Середнє зменшення шару стоку для території Житомирського Полісся може досягти 22%.

10. Згідно отриманих оціночних розрахунків, навіть при можливому помітному зниженні водного стоку на окремих річках, зміна вмісту розчинених мінеральних речовин буде несуттєвою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Маринич О. М. Фізична географія України / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. – К. : КОО Знання, 2005. – 511 с.
2. Костриця М. Ю. Географія Житомирської області / М. Ю. Костриця. – Житомир : Житомирський вісник, 1993. – 200 с.
3. Ліпінський В. М. Клімат України / Ліпінський В. М., Дячук В. А., Бабіченко В. М. – К. : вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
4. Snizhko S. Global trends of snow cover and their manifestations in Ukraine / S. Snizhko // Global and regional climate changes: Papers of International Conference (Kyiv, 24-25 Apr. 2010). – К., 2010. – P. 37-46.
5. Маринич О. М. Основні риси будови та історії розвитку річкових долин Українського Полісся / О. М. Маринич // Географ. зб. Львів. ун-ту. – 1956. – Вип. 1. – С. 27-79.
6. Будько О. Порівняльна характеристика річкових долин південної частини Волинського та Житомирського Полісся (на прикладі Горині та Случі) / О. Будько // Вісник Львівського ун-ту. Серія Географ. – 2014. – Вип. 45. – С. 386-394.
7. Брадiс Є. М. Болота УРСР / Є. М. Брадiс, Г. С. Бачурина. – К. : Наук. думка, 1969. – 241 с.
8. Довкілля Житомирщини : Стат. зб. за 2010 рік / заг. ред. Г. А. Пашинської; Головне упр. статистики у Житомирській обл. – Житомир, 2011. – 265 с.
9. Михайлов А. М. Охрана окружающей среды при разработке месторождений открытым способом / А. М. Михайлов. – М.: Недра. 1981. – 184 с.
10. Бакка М. Т. Оцінка еколого-гідрологічного впливу на довкілля вибухових робіт при розробці нерудних родовищ корисних копалин / М. Т. Бакка, І. В. Давидова // Вісник КДПУ. – 2006. – Вип. 6(41), ч. 1. – С. 88-92.
11. Бересневич П. В. Исследования процессов образования, выделения и рассеивания газов при массовых взрывах / П. В. Бересневич. – Кр. Рог : КрГГИ,

1966. – 132 с.

12. Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем / под ред. М. А. Глазовской. – М. : Наука, 1981. – 256 с.

13. Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської області / Сніжко С. І., Орлов О. О., Закревський Д. В. та ін. – Житомир : Волинь, 2002. – 264 с.

14. Закревский Д. В. Гидрохимия осушаемых земель (в условиях северо-запада Украины) : автореф. дисс. на соиск. уч. степени д-ра геогр. наук : спец. 11.00.07 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия / Закревский Дмитрий Васильевич. – Ростов/Д., 1992. – 48 с.

15. Водний кодекс України. – К. : Голос України, 1995. – 15 с.

16. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Житомирській області (за 2006-2010 рр.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.donps.zhitomir.net>. – Назва з екрану.

17. КП «Житомирводоканал». Історія [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://vodokanal-zt.org.ua/pages/p9#top-menu> – Назва з екрану.

18. Киркор Ф. Ф. Материалы по вопросу о колебании состава речной воды. Химические исследования воды р. Роси / Ф. Ф. Киркор. – К. : тип. Лубковского, 1907. – 244 с.

19. Коненко А. Д. Гидрохимическая характеристика прудов Украинского Полесья / А. Д. Коненко // Природные условия и ресурсы Полесья. – К. : изд-во АН УССР, 1958. – С. 55-59.

20. Коненко А. Д. Гидрохимическая характеристика малых рек УССР / А. Д. Коненко. – К. : изд-во АН УССР, 1952. – 172 с.

21. Лысенко К. А. Минимальный сток рек Украины и Молдавии / К. А. Лысенко // Труды УкрНИГМИ. – 1966. – Вып. 64. – С. 143-160.

22. Пелешенко В. И. Оценка взаимосвязи химического состава различных типов природных вод (на примере равнинной части Украины) / В. И. Пелешенко. – К. : Вища школа, 1975. – 168 с.

23. Ромась Н. И. Закономерности формирования химического состава атмосферных осадков на территории УССР: автореф. дисс. на соиск. уч.



степени канд. геогр. наук : спец. 11.00.10 – гидрохимия / Ромась Николай Иванович. – Ростов/Д., 1981. – 24 с.

24. Ромась Н. И. О формировании химического состава атмосферных осадков в различных физико-географических зонах УССР / Н. И. Ромась // Физ. география и геоморфология. – 1979. – Вып. 21. – С. 126-131.

25. Закревский Д. В. Об оценке влияния осушительных мелиораций на вынос химических элементов речными водами / Д. В. Закревский // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – Вып. 68. – С. 10-14.

26. Закревский Д. В. О химическом составе трещинно-карстовых вод мелиорируемых территорий Волынского Полесья / Д. В. Закревский // Физ. география и геоморфология. – 1985. – Вып. 32. – С. 92-97.

27. Закревський Д. В. Результати досліджень іонного складу ґрунтових вод осушених торфових ґрунтів Прип'ятського Полісся УРСР / Д. В. Закревський // Вісн. с.-г. науки. – 1983. – №11. – С. 14-17.

28. Вміст мікроелементів у водах осушувальних систем УРСР / Закревський Д. В., Савицький В. М., Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. // Вісн. с.-г. науки. – 1983. – №4. – С. 12-15.

29. Закревський Д. В. Прогнозування хімічного складу ґрунтових вод на осушувальних системах в залежності від режиму рівнів / Закревський Д. В., Терещенко К. П., Бурдан В. М. // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Географія. – 1987. – Вип. 29. – С. 54-60.

30. Закревский Д. В. О влиянии осушительных мелиораций на состав химических веществ речных вод Припятского Полесья Украины / Д. В. Закревский // Водные ресурсы. – 1991. – №6. – С. 50-59.

31. Закревский Д. В. Сток химических компонентов рек Украинской ССР / Закревский Д. В., Пелешенко В. И., Хильчевский В. К. // Водные ресурсы. – 1988. – Т. 15, №6. – С. 63-73.

32. Хільчевський В. К. Зміна концентрацій та стоку іонів у річкових водах Дніпра, Прип'яті, Десни під впливом антропогенних факторів / В. К. Хільчевський, В. І. Пелешенко // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Географія. – 1987. – Вип. 29. – С. 50-53.

33. Справочник по водным ресурсам / под ред. Б. И. Стрельца. – К. : Урожай, 1987. – 304 с.
34. Малі річки України. Довідник / за ред. А. В. Яцика. – К.: Урожай, 1991. – 296 с.
35. Хильчевский В. К. Влияние сельскохозяйственного производства на химический состав природных вод / В. К. Хильчевский // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, №1. – С. 74-85.
36. Хільчевський В. К. Роль агрохімічних засобів у формуванні якості вод басейну Дніпра / В. К. Хільчевський. – К.: ВПЦ “Київ. ун-т”, 1996. – 222 с.
37. Сніжко С. І. Оцінка виносу азоту і фосфору поверхнево-схилувим стоком / С.І. Сніжко // Гідротехніка і меліорація. – 1995. – Вип. 4. – С. 34-41.
38. Снежко С. И. Особенности формирования речного стока биогенных элементов бассейна Днепра (в пределах УССР): автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук: спец. 11.00.07 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия / Снежко Сергей Иванович. – Ростов/Д., 1989. – 23 с.
39. Осадчий В. И. Распределение, накопление миграция тяжелых металлов в бассейне Днепра: автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук: спец. 11.00.07 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия / Осадчий Владимир Иванович. – Ростов/Д., 1991. – 23 с.
40. Сніжко С. І. Науково-методичні основи гідрохімічних досліджень водно-болотних екосистем / С. І. Сніжко // Велика Волинь. – 2000. – Т. 2. – С. 201-205.
41. Сніжко С. І. Моніторинг якості води річок Житомирської області / С. І. Сніжко, С. П. Сіренький // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2000. – Т. 1. – С.78-79.
42. Сніжко С. І. Багаторічні особливості гідрохімічного режиму річок Житомирщини та виявлення його основних тенденцій / Сніжко С. І., Закревський Д. В., Сіренький С. П. // Велика Волинь. – 2000. – Т. 2. – С. 212-215.

43. Сніжко С. І. Оцінка сучасного гідрохімічного режиму та якості води річок Житомирського Полісся / С. І. Сніжко // Укр. геогр. журн. – 2001. – №2. – С. 65-70.
44. Оцінка та картографування якості води річок Житомирської області / Бондаренко Е. Л., Шевченко В. О., Сніжко С. І. та ін. // Велика Волинь. – 2000. – Т. 2. – С. 261-267.
45. Самойленко В. М. Кадастр радіоактивного забруднення водних об'єктів України місцевого водокористування: у 2-х т. / В. М. Самойленко. – К.: Ніка-Центр, 1998. – Т. 1. – 192 с.
46. Орлов О. О. Біогеохімія цезію-137 у лісоболотних екосистемах Українського Полісся / О. О. Орлов, В. В. Долін. – К.: Наук. думка, 2010. – 198 с.
47. Ромась І. М. Оцінка гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок басейну Дніпра (в межах України) : автореф. дис. на здобуття вч. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія / Ромась Микола Іванович ; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. – К., 2004. – 18 с.
48. Сніжко С. І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем / С. І. Сніжко. – К.: Ніка-Центр, 2006. – 284 с.
49. Слободенюк М. О. Вплив антропогенних факторів на екологічний стан річки Тетерів / М. О. Слободенюк, В. В. Підліснюк // Наук. вісник Нац. аграрного ун-ту. – 2006. – Вип. 95, ч. 2. – С. 166-171.
50. Слободенюк М. О. Екологічна оцінка якості води в р.Тетерів за інтегральними показниками / М. О. Слободенюк, В. В. Підліснюк // Наук. вісник Нац. аграрного ун-ту. – 2007. – Вип. 107, ч. 1. – С. 161-167.
51. Коткова Т. М. Моніторинг забруднення сполуками азоту річок Лугинського району Житомирської області / Коткова Т. М., Котков В. І., Селезньова Г. О. // Вісник Житомирського нац. агроєкологічного ун-ту. – 2011. – № 2(29), т.1. – С. 106-112.

52. Коткова Т. М. Динаміка біологічного та хімічного споживання кисню в р. Жерев та її основних притоках / Т. М. Коткова, Г. О. Селезньова // Вісник Житомирського нац. агроекологічного ун-ту. – 2011. – № 1(28), т. 1. – С. 144-159.
53. Мислива Т. М. Важкі метали у водах малих річок і боліт Житомирського Полісся / Т. М. Мислива, І. С. Кот // Вісник Житомирського нац. агроекол. ун-ту. – 2011. – № 2(29), т. 1. – С. 58-68.
54. Піціль А. О. Екологічні особливості формування талого та дощового поверхневого стоку міста (на прикладі міста Житомира) / А. О. Піціль // Вісник Житомирського нац. агроекологічного ун-ту. – 2011. – № 1(28). – С. 393-400.
55. Поверхневі води України. Гідрохімічний довідник / Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. – К.: Ніка-Центр, 2008. – 656 с.
56. Global Change: Enough Water for all? – Hamburg : Wssenschaftliche Auswertungen, 2007. – 385 p.
57. Лобода Н. С. Закономірності коливань річного стоку річок України при змінах клімату на початку XXI століття / Н. С. Лобода // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2010. – Т. 18. – С. 62-70.
58. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В. В. Гребінь. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
59. Вишневський В. І. Зміна клімату і річкового стоку на території України і Білорусії / В. І. Вишневський // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2001. – Вип. 249. – С. 89-105.
60. Сніжко С. І. Багаторічна мінливість стоку основних річок басейну Чорного моря / С. І. Сніжко, І. В. Купріков // Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 373-378.
61. Сніжко С. І. Оцінка багаторічної мінливості стоку річок басейну верхнього Дністра / Сніжко С. І., Купріков І. В., Бондарчук Т. В. // Україна : географічні проблеми сталого розвитку. Зб. наук. праць : у 4-х т. – К. : ВГЛ «Обрії», 2004. – Т. 3. – С. 270-272.

62. Оцінка можливих змін водних ресурсів місцевого стоку в Україні в XXI столітті / Сніжко С., Яцюк М., Купріков І. та ін. // Водне господарство України. – 2012. – №6(102). – С. 8-16.
63. Snishko S. Wasserabfluss der Hauptflüsse des Beckens von Schwarzen Meer und die Besonderheiten seiner Veränderung / S. Snishko, I. Kuprikow // XXI Conf. of the Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management (2–6 Sep. 2002, Bucharest, Romania) – Bucharest, 2002. – P. 311-314.
64. Snishko S. Abflussmenge der Gewässer als integrierte Charakteristik des Einflusses natürlicher Prozesse auf die chemische Zusammensetzung der Gewässer und auf die Wassergüte // Hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen. UNESCO/WMO:2000. - S. 764-767.
65. Обухов Є. В. Сучасні показники забезпеченості населення України водними ресурсами / Є. В. Обухов // Укр. гідрометеорологічний журнал. – 2011. – №8. – С. 176-181.
66. Основні показники використання вод в Україні за 2009 рік / Держводгосп України. – К. : Держводгосп України, 2010. – 56 с.
67. СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» [действ. с 01.01.1986]. – М. : Гос. комитет СССР по делам строительства, 1985. – 95 с.
68. Афанасьев А. Н. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР / А. Н. Афанасьев. – М. : Наука, 1967. – 233 с.
69. Владимиров Ф. М. Гидрологические расчеты / Ф. М. Владимиров. – Л. : Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
70. Вишневський В. І. Гідрологічні характеристики річок України / В. І. Вишневський, О. О. Косовиць. – К. : Ніка-Центр, 2003. – 323 с.
71. Ворончук М. М. Учет искажений цикличности, возникающих при исследовании ее методами скользящих средних и интегрально-разностных кривых / М. М. Ворончук // Тр. УкрНИГМИ. – 1974. – Вып. 127. – С. 3-15.

72. Ворончук М. М. Проявления в колебаниях водности Днепра динамики солнечной активности и других космико-геофизических факторов / М. М. Ворончук // Тр. УкрНИГМИ. – 1972. – Вып. 116. – С. 44-59.

73. Ворончук М. М. Анализ гидрометеорологических временных рядов методом скользящего полиномиального сглаживания / М. М. Ворончук, Т. В. Самсонова // Тр. УкрНИГМИ. – 1980. – Вып. 181. – С. 100-107.

74. Сніжко С. І. Аналіз багаторічної динаміки водності р. Горинь як провідного фактора формування її гідрохімічного режиму / С. І. Сніжко // Картографія та вища школа. – 2003. – Вип. 8. – С. 144-148.

75. Fangmann A. Trends in beobachteten Abflusszeitreihen in Niedersachsen / Fangmann A., Belli A., Haberlandt U. // Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. – 2013. – №57. – S. 196-205.

76. Trends in Canadian streamflow / Zhang X., Harvey K. D., Hogg W. D., Yuzyk T. R. // Water Resour. Res. – 2001. – Vol. 37, №4. – P. 987-998.

77. Горбачова Л. О. Динаміка середньорічного стоку води гірських річок (на прикладі водотоків закарпатської воднобалансової станції) / Л. О. Горбачова, Т. О. Баужа // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 260. – С. 175-186.

78. Kendall M. G. Rank correlation methods / M. G. Kendall. – London : Griffin, 1975. – 156 p.

79. Купріков І. В. Вплив клімату на внутрірічний хід річкового стоку та атмосферних опадів в Україні / І. В. Купріков, С. І. Сніжко // Вісник Київського університету. Серія Географія. – 2009. – Вип. 56. – С. 25-28.

80. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші (за 1981-2000 рр. та за весь період спостережень). Част. 1. Т. II. Вип. 2. – К., 2005. – 373 с.

81. Железняк И. А. Внутригодовое распределение стока малых рек Украины и Молдавии / И. А. Железняк, И. А. Подольская // Тр. Укр. регион. НИИ. – 1982. – Вып. 190. – С. 91-102.

82. Стрелец Б.И. Справочник по водным ресурсам. К.: Урожай. -1987. – 304 с.

83. Пелешенко В. І. Загальна гідрохімія : [підручник] / В. І. Пелешенко, В. К. Хільчевський. – К. : Либідь, 1997. – 384 с.
84. Процеси формування хімічного складу поверхневих вод / Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Линник П. М. та ін. – К. : Ніка-Центр, 2013. – 240 с.
85. Хільчевський В. К. Агрогідрохімія / В. К. Хільчевський. – К. : ВЦ «Київ. ун-т», 1995. – 162 с.
86. Fraser A. S. Water Quality of World River Basins / Fraser A. S., Meybeck M., Ongley E. D. – Nairobi : UNEP, 1995. – 40 p.
87. Горєв Л. М. Гідрохімія України / Горєв Л. М., Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. – К. : Вища школа, 1995. – 307 с.
88. Алекин О. А. Общая гидрохимия / О. А. Алекин. – Л. : Гидрометеиздат, 1948. – 208 с.
89. Линник П. М. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П. М. Линник, Б. И. Набиванец. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.
90. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра / Хільчевський В. К., Ромась М. І., Ромась І. М. та ін. – К. : Ніка-Центр, 2007. – 184 с.
91. Фадеев В. В. Зависимость минерализации и ионного состава воды рек от их водного режима / Фадеев В. В., Тарасов М. Н., Павелко В. Л. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 174 с.
92. Закревський Д. В. Взаємозв'язок між витратами та мінералізацією води річок басейну Дніпра / Закревський Д. В., Сніжко С. І., Шевчук І. О. // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Географія. – 1989. – Вип. 31. – С. 25-30.
93. Павельчук Є. М. До методики оцінки впливу водного стоку на вміст розчинених речовин // Шевченківська весна : XII наук. міждисциплінарна конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (Київ, 25-26 бер. 2014 р.) : тези доповідей. – К.: Ліра, 2014. – Ч. 3. – С. 112-116.
94. Фадеев В. В. Связь между гидрохимическим и водным режимом равнинных и горных рек СССР / Фадеев В. В., Тарасов М. Н., Павелко В. Л. // Тр. IV Всесоюзного гидрологического съезда. Т. 9. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 198-212.

95. Development and testing of the HYPE water quality model for different spatial scales / Lindström G., Pers C. Rosberg J. etc. // *Hydrology Research*. – 2010. – Vol. 41, Is. 3-4. – P. 295-319.
96. Meybeck M. *Global Freshwater Quality* / Meybeck M., Chapman D., Helmer R. – Oxford : WHO/UNEP, 1989. – 298 p.
97. Dooge J. C. I. Hydrologic models and climate change / J. C. Dooge // *Journal of Geophysical Research*. – 1992. – V. 97, № 7. – P. 2677-2686.
98. Kaczmarek Z. Water Balance Model for Climate Impact Analysis / Z. Kaczmarek // *ACTA Geophysica Polonica*. – 1993. – 41(4). – P. 1-16.
99. Kaczmarek Z. Chapter 14: 'Water Resource Management' / Z. Kaczmarek // Watson R. T., Zinyowera M. C., Moss R. H. (eds.), *Climate Change – 1995 : Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses, Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. – Cambridge – NY: Cambridge University Press, 1996. – 880 p.
100. Kaczmarek Z. Sensitivity of Water Balance to Climate Change and Variability / Z. Kaczmarek // *IIASA Working Paper*. – 1991. – WP-91-047. – P. 7-8.
101. Гопченко Є. Д. Оцінювання водних ресурсів України за методом водно-теплового балансу / Є. Д. Гопченко, Н. С. Лобода // *Наук. праці УкрНДГМІ*. – 2001. – Вип. 249. – С. 106-119.
102. Гопченко Е. Д. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления / Е. Д. Гопченко, Н. С. Лобода // *Гидробиол. журнал*. – 2000. – Т. 36, № 3. – С. 67-78.
103. Мезенцев В. С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В. С. Мезенцев, И. В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.
104. Turc L. Water Balance Of Soils / L. Turc // *Relationship Between Precipitation, Evapotranspiration and Runoff. Annales Agronomiques*. – 1954. – Vol. 5. – P. 491-595.
105. Куприков І. В. Просторово-часова динаміка річкового стоку на території України під впливом кліматичних змін: дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук / Купріков Іван Володимирович. – К., 2013. – 156 с.



106. Использование водно-балансовой модели Турка и численной региональной модели gemo для оценки водных ресурсов местного стока в Украине в XXI веке / Снежко С. И., Куприков И. В., Шевченко О. Г. и др. // Вестник Брянского университета. – 2014. – №4. – С. 191-201.

107. Kaczmarek Z. Polish Water Resources Vulnerability Assessment / Z. Kaczmarek // Report To U. S. Countries Studies Program. – 1995.

108. Дослідження регіональних особливостей зміни клімату в Україні у XXI столітті на основі чисельного моделювання. (Заключний звіт НДР). № ДР 0111U001571 / Краківська С. В., Паламарчук Л. В., Шедеменко І. П. та ін.; УкрГМІ. – К., 2013. – 59 с.

109. Чисельний прогноз регіонального клімату України на основі сценаріїв можливих глобальних кліматичних змін в XXI столітті (Заключний звіт). № ДР 0108U007657 / Краківська С. В., Паламарчук Л. В., Шедеменко І. П. та ін. ; УкрГМІ. – К., 2010. – 97 с.

110. Climate change projections for Ukraine in the 21<sup>st</sup> century based on the best RCM ensembles / Gnatiuk N., Krakovska S., Palamarchuk L., Bilozerova A. // Geophysical Research Abstracts. EGU2013-889-1. – 2013. – Vol. 15. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2013/EGU2013-889-1.pdf> – Назва з екрану.

111. Methodology of the best RCMs ensemble selection applied for Ukraine / Krakovska S., Gnatiuk N., Shpytal T., Shedemenko I. // Proc. of the International Conference on Regional Climate CORDEX (Brussels, Belgium), 2013. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://cordex2013.wcrp-climate.org/posters/P2\\_44\\_Krakovska.pdf](http://cordex2013.wcrp-climate.org/posters/P2_44_Krakovska.pdf) – Назва з екрану.

112. <http://ensembles-eu.metoffice.com> – Офіційний сайт DMI.

113. Regional Climate Modeling for the Developing World: The ICTP RegCM3 and RegCNET / Pal J. S., Giorgi F., Bi X. et al.// Bull.Amer.Meteor.Soc. – 2007. – Vol. 88. – P. 1395–1409.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

Таблиця А.1

Характеристика гідрографічної мережі на території Житомирської області та ступінь антропогенного навантаження в басейнах окремих річок (за даними державного управління охорони навколишнього природного середовища в Житомирській області, 2011 р.).

Назва	Протяжність по території регіону, км	Кількість населених пунктів вздовж берегової смуги, од.	Кількість гребель (водосховищ), од.	Кількість трубопроводів, що проходять через річку, од.				Кількість напірних каналізаційних колекторів, що перетинають водний об'єкт, од.
				газо-	нафто-	аміако-	продукто-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Великі річки								
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Усього:								
Середні річки								
Ірпінь	43	6	3	2	-			
Случ	181	37	4	9	1		2	4
Ствига	1	0	0	-	-			-
Уж	159	33	1	5	1			2
Тетерів	276	38	5	3	-			1
Уборть	170,6	21	1	6	2			-
Ірша	126	34	3	3	-			1
Словечна	40	13	1	-	-			-
Усього:								
	996,6	182	18	30	4		2	8
Малі річки								
Басейн р.Случ								
Попівка	25	2						
Пединка	11	2		1				
Таранька	24	5		2				
Бліва	16	3		1				
Осира	23	4		1				
Вербка	23	3		1				
Б/н с.Веселка	10	2						
Б/н с.Коростки	12	2		1				
Деревичка	53	4	1	3				
Тюкелівка	16	4						
Струм.Руда	15	3						
Сапогівка	10	2						
Фастівка	12	1						
Кам"янка	14							
Козарка	18	3						
Хомора	114	4						
Глубочок	14	2						
Видолоч	13	2						
Жабричка	12	2						
Гнилуша	15	1		1				
Нивна	25	4		1				
Нивна Ліва	11	3						
б/н с.Вирля	11	1						
Дорогань	25	3						
Немилянка	24	2						
Рудня (Лубянка)	12	4						
Тня	73	9						

Назва	Протяжність по території регіону, км	Кількість населених пунктів вздовж берегової смуги, од.	Кількість гребель (водосховищ), од.	Кількість трубопроводів, що проходять через річку, од.				Кількість напірних каналізаційних колекторів, що перетинають водний об'єкт, од.
				газо-	нафто-	аміако-	продукто-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Світлиця	18	4						
Тартак	16							
Корчівка	13	1		1				
Білка	19	3						
Тенька	33	4		3				
Чернявка	11	2						
Латовня	17	3						
Теснівка	19	4						
Смолка	73	11		1				
Лизнівка	18	1						
б/н с.Середня	13	1						
Зеременка	15	1						
Б/н с.Киянка	10	1						
Вершниця	22	2		1	1		2	
б/н с.Радичі	13	1						
Могилівка	22	5		4	1			
Гать	24	4						
Мицківка	10	-						
Церем	61	11		1	1		2	
б/н с.Тернівка	10	1		1				
Жолоб'янка	23	3						
Кошелівка	19	3		1				
Кропивня	21	2		1				
Криваль	14	1						
Перевезня	13	1		1				
Кленова	10	1						
Дубничка	15	1						
Корчик	84	2		1				
Титяж	19	4						
Згар	17	4						
Кропивня	14	2						
Бобрик	11	1						
Речиця	10	1						
Дубки (Добки)	16	1						
Басейн р.Стига								
Гусь (Бедля)	15							
Недель	16							
Студениця	35	1						
Горна	25	2						
Лозовий Луг	29	1						
Плав	47							
Басейн р.Уборть								
Бересток	20	4		2				
Телина	19	3		2				
Б/н Чмоль	11	4						
Глумча	24	1						
Боровник	13	4						
Заровенька	19	5						
Угля	19	1						

Назва	Протяжність по території регіону, км	Кількість населених пунктів вздовж берегової смуги, од.	Кількість гребель (водосховищ), од.	Кількість трубопроводів, що проходять через річку, од.				Кількість напірних каналізаційних колекторів, що перетинають водний об'єкт, од.
				газо-	нафто-	аміако-	продукто-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Теремша	10	1						
Радча	12							
Зольня (Буки)	30	5						
Золенька	12	2						
Б/н Джерело	20	1						
В"юн	10							
Кишинівська	10	1						
Кам"янка	16	2						
Забороччя	15	1						
Замликів	16							
Либожада	17	1						
Юрово	17	1						
Перга	67	7		1				
Пержанка	23							
Ракитна	13	1						
К-л Глушковецький	23	1						
К-л Прикордонний	22	1						
Рудниця	18							
Плотниця	24							
К-л ур.Лука	12							
Свидовець	61							
Червонка	21							
Першниця	14							
Зимуха	21							
Жалобниця	23							
К-л Осмольський	43							
К-л ур.Середне	10							
Рубчик	12							
К-л Стрілка	25							
Лохниця	18							
Б-н с.Червоносілка	25							
К-л Михач	17							
Басейн р.Словечна								
Б/н с.Мацьки	11							
Б/н с.Лучанки	12							
Ясенець	63							
Звонка	25							
Полохачівка	12							
Желонь (К-л Мухоїдовський)	113			1	1			
К-л Вел.Казенний	16							
Рудня	29							
Б/н с.Прилуки	25							
Бід Єврейсь-ка Канава	14							
Б/н с.Виступовичі	17							
Грязіва	23							
Ситівка	10							
Жолонька	13							
Басейн р.Уж								
Б/н с.Бродець	10	2						

Назва	Протяжність по території регіону, км	Кількість населених пунктів вздовж берегової смуги, од.	Кількість гребель (водосховищ), од.	Кількість трубопроводів, що проходять через річку, од.				Кількість напірних каналізаційних колекторів, що перетинають водний об'єкт, од.
				газо-	нафто-	аміако-	продукто-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рожаниця	11	2						
Бастова	15	4						
Хотоза	15	2						
Кунан	12							
Білка	20	3		1	1		1	
Радич	17	1		1	1			
Нерч	20	3						
Котешня	10	2						
Саженка	14	3						
Могілянка	16	1		1	1		1	
Кремна Права	10	2						
Кремна Ліва	18	3		2				
Синява	20	3						
Моства	27	2						
Шестень	24	4		3	1		1	
Гранічевка	11	2						
Лозниця-1	14							
Олешня	19	3						
Кам'янка	40	2						
Лозниця-2	18	2						
Жерев	108	9	1	6	1			
Вітка (Свинка)	11	2						
Мошаниця	10	2						
Селивониха	21	1						
Б/н с.Зарічка	16	2						
Кремна	31	3		2				1
Б/н с.Лугинки	11	1		1				
Глухова	17	2						
Крута	15	2		1				
Повчанка	20	2		1				
Гнилуша	11	2						
Лозниця	12	2						
Стружка (Стручок)	19		1					
Ослів	15							
б/н с.Шарно	10							
Звіздаль	35	1						
Чортовець	14	1						
б/н с.Осика	15							
Буча (Буга)	24							
Норинь	84		1	1	1			
Лезниця	10							
Мошаниця	35							
Хайчанка	12							
Б/н с.Коренівка	10							
Хвасенька	19							
б/н с.Мамеч	10							
Грезля	47							
Б/н с.Гладковичі	24							
Лозниця (Дельня)	14							
Радча	15							
Роба	10							

Назва	Протяжність по території регіону, км	Кількість населених пунктів вздовж берегової смуги, од.	Кількість гребель (водосховищ), од.	Кількість трубопроводів, що проходять через річку, од.				Кількість напірних каналізаційних колекторів, що перетинають водний об'єкт, од.
				газо-	нафто-	аміако-	продукто-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Басейн р.Тетерів								
Кобилиха	14	5						
б/н с.Карпівці	10	1						
Тетерівка	30	6						
б/н с.Жеребки	11	1						
Грабарка	11	1						
Заруда	11	1						
Ібр	17	15		1				
Б/н с.Вел.Браталів	10	1						
Гібра (Хижинка)	12	1						
Б/н с.Бабушки	11	3						
Б/н смт. Чуднів	10	1						
Будичина	16	3		1				
стр.Лісний	31	8		3				2
Синява	10	2						
Дреничка	13	3						
Годинка	11	4						
Шийка	26	7						
Стр. Стрибезький	12	1						
Глибочок	21	5						
Бобрівка	16	2						
Коша	16	2						
Гнилоп'ять	95	10	7	7				6
Терехова	13	1						
Глибока Долина	14	3						
Б/н с.Поличинці	17	1		1				
Б/н с.Іванківці	10	3		1				
Б/н с.Низгірці	13	2		1				
Гнилоп'ятка	27	7		3				
П'ятигірка	14	3		2				
П'яток	21	3						
Стр.Гнилоп'ять	11							
Б/н с.Турчинівка	10	2						
Гуйва	105	15						
Б/н с.Любимівка	18	1		7				
Б/н с.Городківка	10	1						
Пустоха	35	9	1	3				
Горбатка	13	1						
Настя (Руда)	14	2		1				
Лебединець	18	4		1				
Б/н с.Лясівка	12	1		1				
Б/н с.Зарубенці	10	2						
Б/н с.Ст.Котельня	12	1		1				
Б/н с.Павелки	19	1						
Коднянка	37	7		3				
Б/н с.Рея	12	1						
Б/н с.Ріжки	10	1		1				
Б/н с.Двірець	10	1		1				
Б/н с.Волиця	11			1				
Кам'янка	37	2		4				2

Назва	Протяжність по території регіону, км	Кількість населених пунктів вздовж берегової смуги, од.	Кількість гребель (водосховищ), од.	Кількість трубопроводів, що проходять через річку, од.				Кількість напірних каналізаційних колекторів, що перетинають водний об'єкт, од.
				газо-	нафто-	аміако-	продукто-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Б/н с.Клітище	10	1						
Печеринка	15	2						
Крошна	14	1						
Лісна	27	5						
Вива	11	3						
Гниль	11	1						
Б/н с.Калинівка	10	1						
Мочихвіст	10							
Ів'янка	34	7		1				
Б/н с.Степок	10							
Рівець	14	3						
Жерем'янка	15	1						
Кричанка	14	2						
Б/н с.Струцівка	12							
Дубовець	37	6						
Кропивня	12	3						
Мика	42	9		1				
Свинолужка	37	7		2				
Бистрівка	34	7						
Стр. Мика (Слобідка)	12	1						
Верхолужжя	20	2						
Руда	11							
Коробочка	20	3						
Глухівка	30	2		2				
Білка (Леванда)	33	7						
Гуска	14	1						
Межерічка	17	1						
Мироч	11	2		1				
Вирва	35	5						
Здвиж	144	7	1	3				
Болотний	12	1						
Водотий	18	3						
Брусилівка	12	1						
Ур.Глибоке (Хомутець)	10	3						
Ур.Болотне (Осовці)	11	2		1				
Небелиця	13	1						
Фоса	15	2		1				
Очеретянка	11	9						
Басейн р.Ірша								
Б/н с.Грушки	10							
Б/н с.Солодирі	11							
Іршиця-1 Верхня	20	4						
Паромівка	18	3						
Б/н с.Радичі	12	2						
Іршиця-2 Нижня	29	4						
Капля	11	1						
Лемня	19	1						
Б/н с.Іванівка	10							
Злобич	19							
Б/н с.Мелені	10							



Назва	Протяжність по території регіону, км	Кількість населених пунктів вздовж берегової смуги, од.	Кількість гребель (водосховищ), од.	Кількість трубопроводів, що проходять через річку, од.				Кількість напірних каналізаційних колекторів, що перетинають водний об'єкт, од.
				газо-	нафто-	аміако-	продукто-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
стр.Перегорш	11							
Тростяниця	65	6	1					
Очеретянка	48							
Б/н с.Сирти	10							
Глубинець	16							
Добринька	17	3						
Рихта	16							
Здривля	21	1						
Возня	50	8	1					
Шлямарка	23	3		2				
Різня	30	5	1					
Б/н с.Діброва	10	10		1				
Лумля	13	13	2					
Студень	17	4						
Б/н с.Клетня	10	3						
Басейн р.Ірпінь								
Крив'янка	14	2						
Білка	10	1		1				
Калинівка	20	2		2				
Жарка	15	1						
Свинорійка	19	1						
Унава	86	7	5	4				
Б/н с.Мостове	10	1		1				
Б/н с.Маркова Волиця	12	1						
Кривенька	11	2		1				
Басейн р. Рось								
Белуга	24	4		3				
Б/н с.Огіївка	10	1						
Горіхова	36	1						
Ур.Ромасол (Топори)	14	2		1				
Березянка	48	2		1				
Сквирка	45							
Роставиця	111	11	7	10				
Ситня	15	1		1				
Шопова	13	1						
Мурованка	22	3		2				
Яр Баришів	14	3		4				
Яр Цапиного Хутора	14	3		2				
Б/н с...Ягнятин	10	2						
Постіл	32	5		3				
Чорнорудка	7,5	1		1				
Паволочка	25	3		2				
Б/н с.Голуб'ятин	10	1						
Кам'янка	110	9	4	7				
Б/н сНовоселиця	14							
Усього	6127,5	705	34	158	10		7	11
Разом	7124,1	887	52	188	14		9	19

## Додаток Б

Таблиця Б.1

Підприємства, які здійснюють прямі викиди забруднювальних речовин у атмосферне повітря та у водні об'єкти

№ з/п	Назва об'єкту	Вид економічної діяльності	Відомча належність (форма власності)	Примітка
1	2	3	4	5
<i>Атмосферне повітря</i>				
1.	Бердичівське управління магістральних газопроводів (м. Бердичів)	Транспортування газу трубопроводами	Державний комітет нафтової, газової та нафтопереробної промисловості	об'єми викидів забруднюючих речовин в атмосферу – 5349,198 т/рік
2.	ПрАТ “Бехівський спецкар’єр” (Коростенський район)	Добування та переробка корисних копалин	Акціонерні товариства відкритого типу, створені на державних підприємств	об'єми викидів забруднюючих речовин в атмосферу – 550,511 т/рік
3.	КП “Житомиртеплокомуненерго” (м. Житомир)	Виробництво та розподіл тепла	Міські, районні у містах ради та їх виконавчі комітети	об'єми викидів забруднюючих речовин в атмосферу – 360,89 т/рік
4.	Овруцький щебеневий завод	Добування та переробка корисних копалин	Акціонерні товариства відкритого типу, створені на державних підприємств	об'єми викидів забруднюючих речовин в атмосферу – 339,913 т/рік
5.	ЛВУМГ філія “Львівтрансгаз” (Новоград-Волинський р-н)	Транспортування газу трубопроводами	Акціонерні товариства відкритого типу, створені на державних підприємств	об'єми викидів забруднюючих речовин в атмосферу – 5488,21 т/рік
<i>Відходи</i>				
1.	КП «Міськомунсервіс»	Оброблення відходів	Міські, районні у містах ради та їх виконавчі комітети	Розміщено 21,091 тис. т. відходів комунальних
2.	Комунальне виробничо-господарське підприємство (м. Коростень)	Оброблення відходів	Міські, районні у містах ради та їх виконавчі комітети	Розміщено 541,457 тис. т. відходів комунальних
3.	ТОВ “Полісся-Екосфера” (м. Бердичів)	Оброблення відходів	Підприємства України засновані фізичними особами	Розміщено 501,431 тис. т. відходів комунальних
4.	КАТП–0628 (м. Житомир)	Оброблення відходів	Міські, районні у містах ради та їх виконавчі комітети	Розміщено 2735,092 тис. т. відходів

				комунальних
5.	Фабрика банкнотного паперу (Малинський р-н)	Виробництво паперу та картону	Національний банк України	Утворилося протягом 2010 р. 4,259 тис. т. відходів
6.	ВАТ "Малинська паперова фабрика" (Малинський р-н)	Виробництво паперу та картону	Акціонерні товариства відкритого типу, створені на державних підприємств	Утворилося протягом 2010 р. 0,233 тис. т. відходів
7.	ВАТ "Житомирський комбінат силікатних виробів" (м. Житомир)	Виробництво цегли, черепиці з глини	Акціонерні товариства відкритого типу, створені на державних підприємств	Утворилося протягом 2010 р. 7,771 тис. т. відходів
8.	Локомотивне депо (м. Коростень)	Технічне обслуговування і всі види ремонтів тепловозів і дизель-поїздів	Міністерство транспорту та зв'язку	Утворилося протягом 2010 р. 0,223 тис. т. відходів

*Водні ресурси*

1	КП "Житомирводоканал" (м. Житомир)	Збирання очищення та розподілення води	Міністерство будівництва архітектури та життєво-комунального господарства	Об'єм скидання 2,1619 млн. м <sup>3</sup>
2	Коростенське КП "Водоканал" (м. Коростень)	Збирання очищення та розподілення води	Міністерство будівництва архітектури та життєво-комунального господарства	Об'єм скидання 4,551 млн. м <sup>3</sup>
3	КП «Водоканал» Ємільчинської селищної ради	Збирання очищення та розподілення води	Міністерство будівництва архітектури та життєво-комунального господарства	Об'єм скидання 0,0078 млн. м <sup>3</sup>
4	ЗАТ «КЕС» м. Бердичів	Збирання очищення та розподілення води		Об'єм скидання 2,423 млн. м <sup>3</sup>
5	ТОВ „Бердичівський хлібзавод” (м. Бердичів)	Виробництво хліба та хлібопек. виробів		Об'єм скидання 0,008 млн. м <sup>3</sup>
6	БУ №3 Житомирської КЕЧ р-ну, (смт.Озерне)	оборона	Міноборони	Об'єм скидання 0,471 млн. м <sup>3</sup>
7	Овруцьке КП 2 «комунальник»	Виробництво і розподіл	Міністерство будівництва	Об'єм скидання 0,4484 млн. м <sup>3</sup>

	(м. Овруч)	тепла	архітектури та життлово-комунального господарства	
8	ВАТ “Миропільська паперова фабрика” (Романівський р-н)	Виробництво паперу та картону	Акціонерне підприємство відкритого типу створеного на основі державних підприємств	Об’єм скидання 0,4583 млн. м <sup>3</sup>
9	ПАТ „Малинський каменедробильний завод” (Малинський р-н)	Оброблення каміння	Акціонерне підприємство відкритого типу створеного на основі державних підприємств	Об’єм скидання 0,937 млн. м <sup>3</sup>
10	Коростишівське МКП "Водоканал" (м. Коростишів)	Збирання очищення та розподілення води	Міністерство будівництва архітектури та життлово-комунального господарства	Об’єм скидання 0,4804 млн. м <sup>3</sup>
11	Іршанське ДКП (смт. Іршанськ)	Здавання під найм власної та державного нерух	Селищні та сільські ради та їх виконавчі комітети	Об’єм скидання 0,3083 млн. м <sup>3</sup>
12	ВАТ “Чижівська паперова фабрика” (Нов.-Волинський р-н)	Виробництво паперу та картону	Підприємства України засновані фізичними особами	Об’єм скидання 0,284 млн. м <sup>3</sup>
13	ДП „Коростишівський спирткомбінат”, Дільниця №2, (м.Андрушівка)	Збирання очищення та розподілення води	Міністерство будівництва архітектури та життлово-комунального господарства	Об’єм скидання 0,075 млн. м <sup>3</sup>
14	Вол.-Волинське ЖКП “Тепловодоканал” (смт. Вол.-Волинський)	Виробництво і розподіл тепла	Міністерство будівництва архітектури та життлово-комунального господарства	Об’єм скидання 0,049 млн. м <sup>3</sup>
15	Любарське КПЖКГ (Любарський р-н)	Збирання очищення та розподілення води	Міністерство будівництва архітектури та життлово-комунального господарства	Об’єм скидання 0,01075 млн. м <sup>3</sup>
16	ДКП “ВЖРЕП” (с. В. Піч)	Збирання очищення та розподілення води	Міністерство будівництва архітектури та життлово-комунального	Об’єм скидання 0,0412 млн. м <sup>3</sup>

			господарства	
17	Філія „Іршанський ГЗК” ЗАТ „Кримський ТИТАН” (Вол.-Волинський р-н)	Видобування та збагачення титанової руди	Державний комітет промислової політики України	Об’єм скидання 0,0166 млн. м <sup>3</sup>
18	Олевське орендне підприємство теплових мереж (смт. Олевськ)	Виробництво і розподіл тепла	Міністерство будівництва архітектури та життлово- комунального господарства	Об’єм скидання 0,038 млн. м <sup>3</sup>
19	КП «Головино-Добробут» Черняхівський р-н	Збирання очищення та розподілення води	Міністерство будівництва архітектури та життлово- комунального господарства	Об’єм скидання 0,019 млн. м <sup>3</sup>
20	КП «Черняхівської селищної ради «Черняхів-Добробут» смт Черняхів	Збирання очищення та розподілення води	Міністерство будівництва архітектури та життлово- комунального господарства	Об’єм скидання 0,0023 млн. м <sup>3</sup>
21	ТОВ «Рихальський завод сухого молока»	Виробництво сухого молока	Мінагрополітики	Об’єм скидання 0,0243 млн. м <sup>3</sup>
22	ОП «Комунальнію» смт Першотравневе	Машинобудув ання	Міністерство будівництва архітектури та життлово- комунального господарства	Об’єм скидання 0,0344 млн. м <sup>3</sup>

## Додаток В

Таблиця В.1

Структура стічних вод, що скидаються у відкриті водойми Житомирської області, млн. м<sup>3</sup> (за даними річних звітів 2-ТП /Водгосп)

Рік	Скинуто всього	Скинуто стічних вод в поверхневі водойми					Скинуто в накопичувачі на рел'єф місцевості	Скинуто всього без шахтно-рудничних	Скинуто шахтно-рудничних
		Всього	Забруднені без очистки НО	Недостатньо очищених НДО	Нормативно чистих (без очистки)	Нормативно очищених на очисних спорудах			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1990	176,60	144,50	2,87	60,04	49,53	32,06	32,13	162,30	14,36
1991	172,20	139,70	4,62	63,98	40,70	30,38	32,52	162,40	9,77
1992	147,70	117,10	1,60	59,68	28,39	27,48	30,56	136,10	11,59
1993	155,30	124,40	0,21	58,44	42,61	23,14	30,94	144,00	11,29
1994	136,90	106,40	0,91	55,92	29,09	20,48	30,47	126,70	10,22
1995	130,10	101,10	0,68	48,90	26,52	24,99	29,04	119,70	10,40
1996	115,90	88,50	0,09	40,16	20,60	27,73	27,39	105,70	10,20
1997	95,06	76,22	0,07	43,30	9,08	23,77	18,84	89,48	5,58
1998	76,24	64,01	2,44	38,15	6,31	17,11	12,23	72,86	3,37
1999	73,37	62,70	0,22	35,72	7,60	19,16	10,67	70,00	3,38
2000	69,95	60,81	0,04	34,42	10,47	15,88	9,14	66,08	3,87
2001	66,76	57,49	0,07	35,13	14,14	8,15	9,28	63,32	3,44
2002	57,88	54,28	1,24	34,39	12,78	5,88	8,44	59,33	3,39
2003	65,02	56,42	2,94	25,42	12,08	15,98	8,60	61,19	3,83
2004	67,10	60,12	2,19	34,12	12,85	10,96	6,97	63,05	4,05
2005	69,33	62,54	3,23	25,18	13,83	20,31	6,79	60,11	6,74
2006	124,80	118,10	1,24	21,91	73,95	20,99	6,71	117,60	4,51
2007	156,30	150,80	1,81	10,71	106,40	31,86	5,47	146,50	6,70
2008	155,70	150,70	0,56	6,88	106,30	37,00	5,03	147,20	5,66
2009	148,20	143,80	0,27	5,60	103,50	34,42	4,43	139,60	5,76
2010	155,20	151,50	0,04	5,93	112,30	33,27	3,69	145,90	6,17
2011	162,50	159,30	0,02	3,25	121,00	35,04	3,20	153,80	5,63
2012	163,20	160,70	0,01	3,13	122,40	35,13	2,46	153,70	6,27

## Додаток Д

Таблиця Д.1

Список гідрологічних постів, діючих і закритих, розміщених на території Житомирської області

№ п/п	Назва водного об'єкту	Місцезнаходження (назва) поста	Код поста	Відстань від гирла, км	Площа водозбору, км <sup>2</sup> .	Періоди спостереження		Діючий або закритий
						рівні	витрати	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Случ	с.Громада (Данців)	79543	312	2480	1925-41, 1945-84, 1985-2007	1925-41, 1945-2007	діючий
2	" - "	с.Івашківка	79544	209	6770	-	1927-41	закр.
3	" - "	м.Новоград-Волинський	79545	199	7460	1924-2007	1974-2007	діючий
4	Тня	с.Броники	79555	7,3	982	1936-41, 1943, 1945-2007	1936-41, 1943, 1945-2007	діючий
5	Смолка	с.Сусли	79557	6,3	632	1940,1941, 1944-2007	1945-2007	діючий
6	Уборть	с.Рудня Іванівська	79595	222	510	1927-41, 1945-70, 1976-2007	1926-41, 1959-70, 1976-2007	діючий
7	" - "	с.Перга	79596	156	2880	1925-41, 1946-2007	1954-2007	діючий
8	Уж	м.Коростень	79694	172	1450	1930-41, 1943-2007	1945-2007	діючий
9	Жерів	с.Вязівка	79698	19	1360	1969-88	1969-88	закр.
10	" - "	с.Бабиничі	79699	8,5	1440	1937-69	1945-69	закр.
11	Норинь	С.Лукишки (Лукошки)	10611	44	531	-	1937-41, 1943	закр.
12	" - "	с.Славенщина	79701	5,2	804	1963-80, 1988-2007	1963-2007	діючий
13	Грезля	с.Давидки	79704	16	513	1947-66	1956-66	закр.
14	Тетерев	с.Троща	80073	306	227	1945-2007	1945-2007	діючий
15	" - "	с.Перлявка (Перловка)	10615	264	1780	1936-41, 1943-54	1945-54	закр.
16	" - "	Житомир-ська	10616	252	5250		1959-62	закр.

		ГЕС						
17	-"	м.Житомир	80077	216	5270	1965-2007	1954-2007	діючий
18	-"	с.Макалевичи	80078	101	7890	1936-88	1936-88	закр.
19	Гнилопять	с.Головинка	80083	8	1200	1943-2007	1936-41, 1945-2007	діючий
20	Гуйва	с.Городківка	80084	74	312	1946-2007	1939-41, 1943-2007	діючий
21	-"	с.Піски	80085	17	1090	-	1965-77	закр.
22	-"	с.Пряжів	80086	7,2	1440	1952-64	1952-64	закр.
23	-"	с.Нові Вили	80087	2,5	1460	-	1936-52	закр.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
24	Ірша	смт. Володарск-Вольнський	80088	112	208	1962-2007	1955-2007	діючий
25	-"	с.Українка	80090	20	2600	1925-2007	1925-2007	діючий
26	Ірпінь	с.Личи Раківка	80097	129	242	-	1945-57	закр.
27	Унава	с.Маркова Волиця	80101	72	105	-	1945-57	закр.



## Додаток Е

Таблиця Е.1

Середні, максимальні та мінімальні значення концентрацій головних іонів хімічного складу води досліджуваних річок за багаторічний період

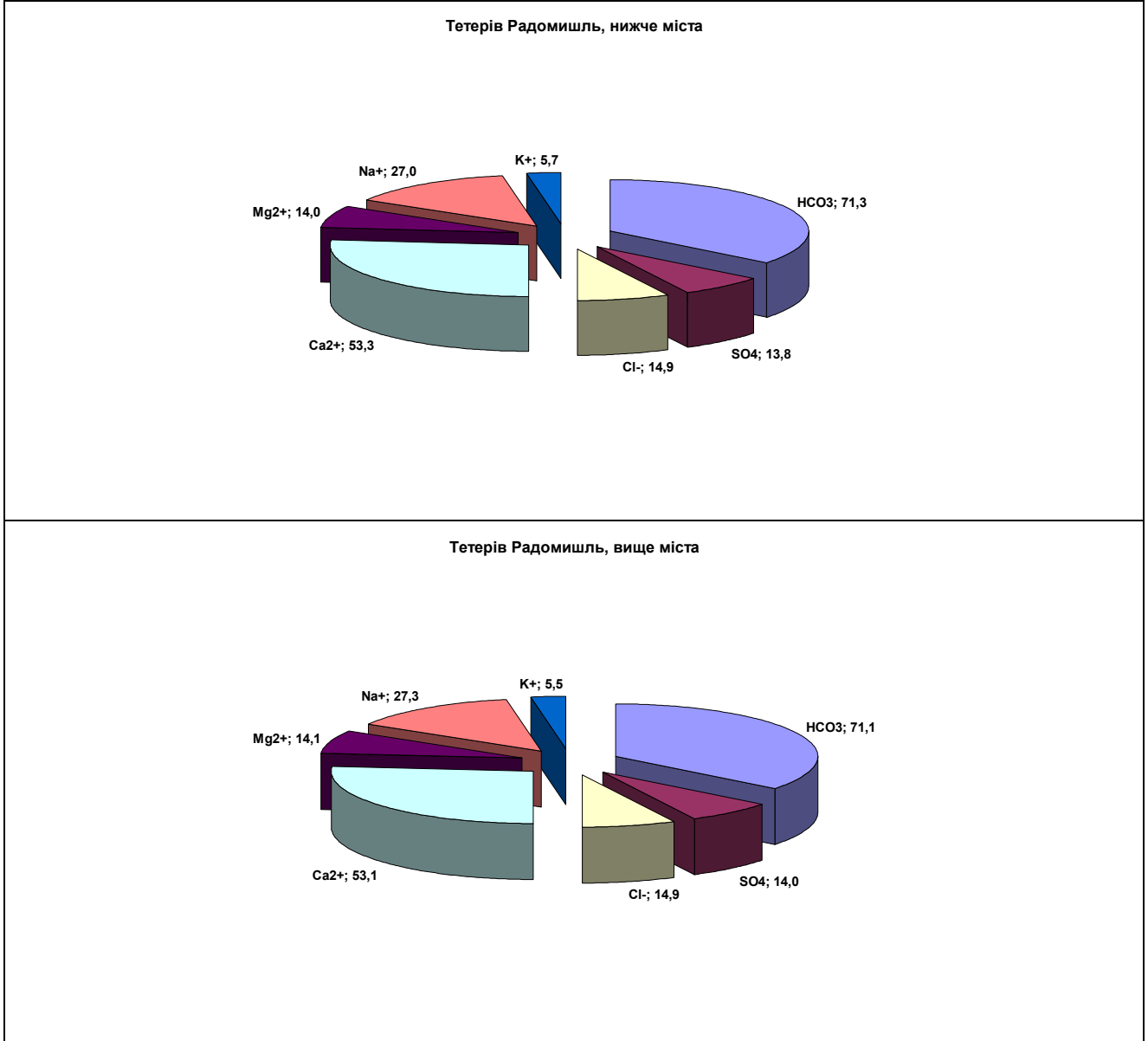
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Σi
<b>Тетерів Радомишль, нижче міста</b>								
Середнє	242,0	46,8	50,7	68,2	17,9	34,6	7,2	467,6
Мінімальне	168,0	8,0	19,9	43,1	4,4	10,5	2,5	307,0
Максимальне	387,0	146,0	101,0	100,0	43,2	90,0	60,0	732,0
<b>Тетерів Радомишль, вище міста</b>								
Середнє	239,0	47,0	50,1	67,3	17,9	34,7	7,0	463,9
Мінімальне	107,0	7,0	20,9	41,7	5,4	11,0	2,5	293,0
Максимальне	388,0	150,0	106,0	93,8	35,0	95,0	16,5	741,0
<b>Гнилопять - Бердичів, нижче міста</b>								
Середнє	301,9	56,0	73,0	76,1	22,8	55,4	8,0	598,9
Мінімальне	46,0	7,0	25,7	30,5	3,9	11,0	2,0	207,0
Максимальне	467,0	171,0	341,0	116,0	60,3	195,0	16,0	1250,0
<b>Гнилопять - Бердичів, вище міста</b>								
Середнє	293,1	64,8		110,0	14,1	46,6	5,8	506,7
Мінімальне	118,0	10,3		30,5	1,9	2,0	2,0	280,0
Максимальне	561,0	125,0		169,1	49,6	128,0	16,5	1115,0
<b>Ірша - Малин, нижче міста</b>								
Середнє	162,9	45,3	32,6	52,7	13,4	22,2	4,9	334,7
Мінімальне	84,8	11,2	14,3	27,7	4,9	8,0	1,2	203,0
Максимальне	367,0	124,3	61,3	76,9	53,3	45,0	10,0	649,0
<b>Ірша - Малин, вище міста</b>								
Середнє	151,0	44,4	30,3	50,4	12,9	19,5	4,5	311,9
Мінімальне	50,0	11,0	10,4	8,0	3,4	2,4	1,0	98,0
Максимальне	286,0	137,9	62,1	72,1	28,2	37,5	8,0	483,0
<b>Случ-м, Новоград-Волинський, нижче міста</b>								
Середнє	255,9	32,0	26,6	71,2	13,0	25,9		424,1
Мінімальне	146,0	9,6	7,1	20,6	0,5	1,2		258,0
Максимальне	350,0	96,1	62,0	108,1	46,2	77,5		620,0
<b>Случ-м, Новоград-Волинський, вище міста</b>								
Середнє	245,2	27,6	25,3	67,5	12,7	26,3		400,4
Мінімальне	137,0	7,7	8,9	25,9	0,5	1,0		251,0
Максимальне	351,0	67,2	51,4	112,6	48,9	78,8		529,0
<b>Тетерів -м, Житомир, 2,5 км нижче міста</b>								
Середнє	260,5	47,5	59,1	68,9	18,8	43,9	8,4	506,9
Мінімальне	135,0	6,5	19,2	7,3	2,1	11,5	3,0	261,0

Максимальне	457,0	207,0	128,0	107,0	36,9	130,0	17,5	867,0
<b>Тетерів - м,Житомир, 4,5 км вище міста</b>								
Середнє	228,7	35,3	36,4	61,9	17,4	23,6	5,7	400,1
Мінімальне	56,0	5,5	12,9	20,8	4,4	5,5	2,5	142,0
Максимальне	407,0	139,0	97,5	109,0	39,4	150,0	18,0	901,0
<b>Уж -м,Коростень, нижче міста</b>								
Середнє	114,5	33,9	28,8	35,5	11,0	19,3	4,9	247,3
Мінімальне	37,0	7,0	11,5	18,4	2,9	8,0	2,0	113,0
Максимальне	292,0	76,9	58,5	104,2	37,9	38,0	8,0	526,0
<b>Уж - м,Коростень, вище міста</b>								
Середнє	115,6	30,0	26,3	33,0	11,0	16,4	4,4	234,9
Мінімальне	28,0	6,8	9,1	17,6	2,4	7,0	2,0	127,0
Максимальне	304,0	62,4	64,3	64,9	45,2	71,0	11,0	481,0
<b>Уборть - с,Перга</b>								
Середнє	226,3	30,9	20,4	36,9	7,5	75,7		348,7
Мінімальне	46,3	7,9	5,3	16,0	1,0	2,5		110,0
Максимальне	360,0	163,0	74,4	87,3	44,3	138,0		776,0

Додаток Ж

Рис. Ж.1

Діаграми хімічного складу води річок



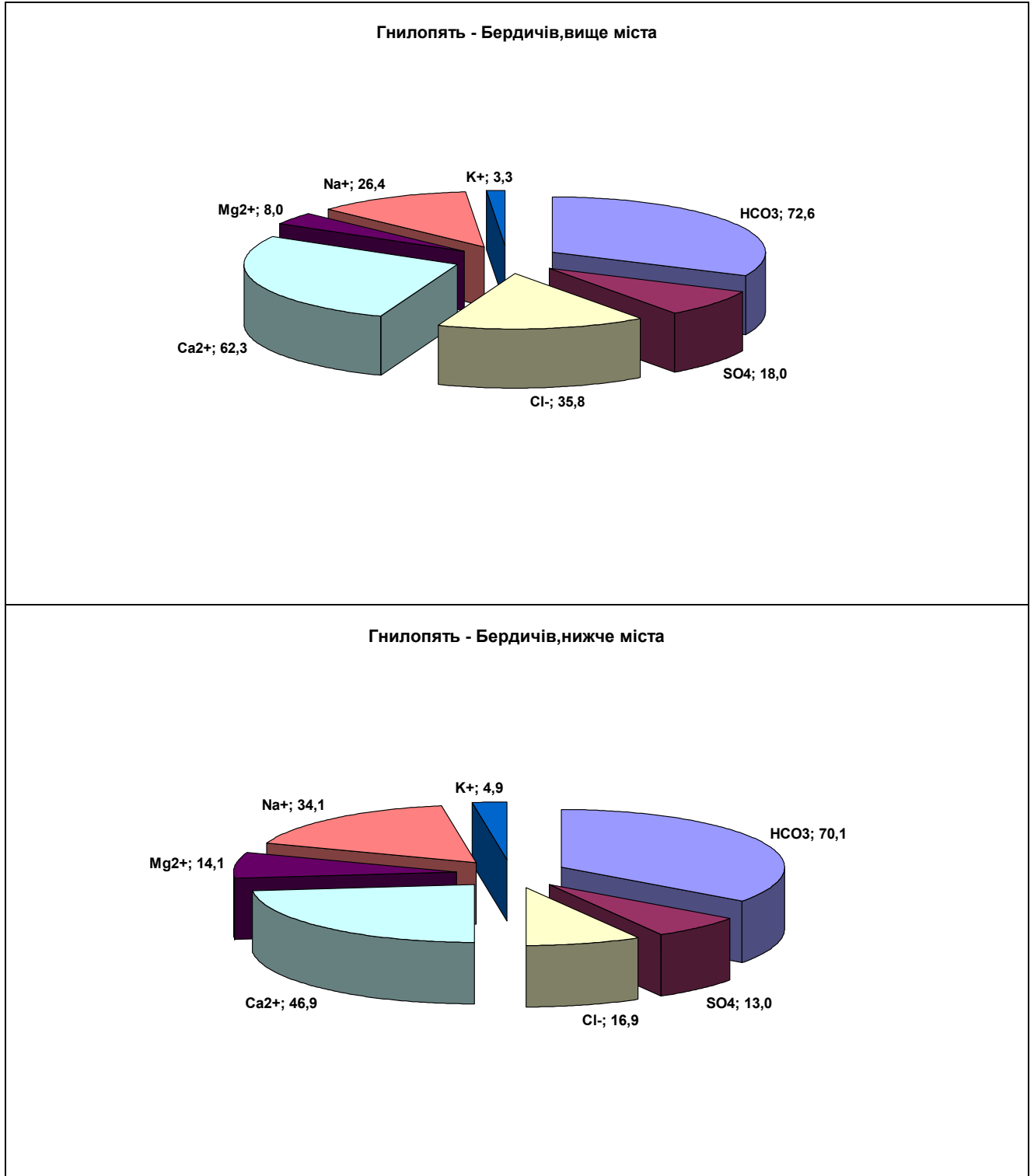


Рис. Ж.3

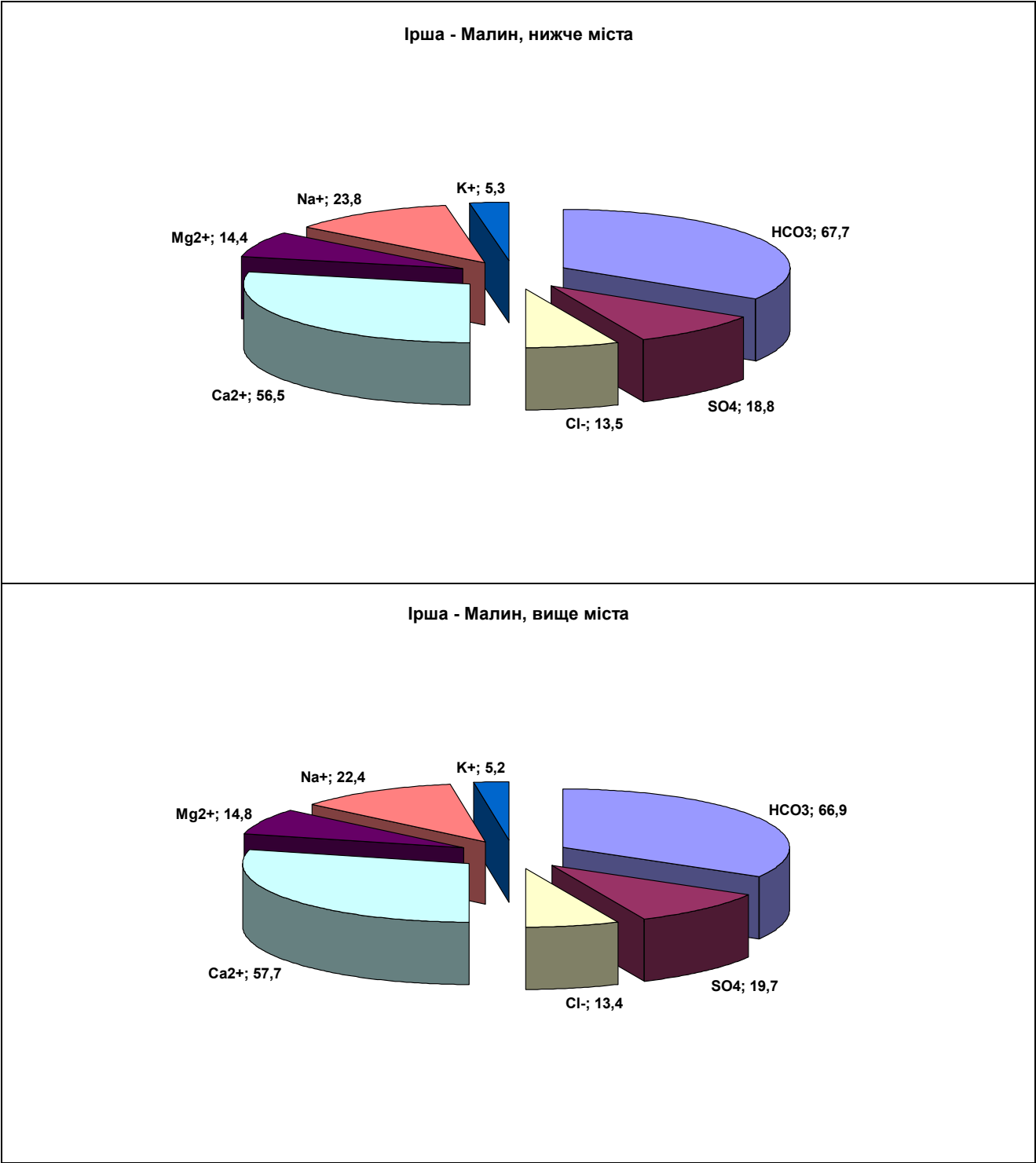


Рис. Ж.4

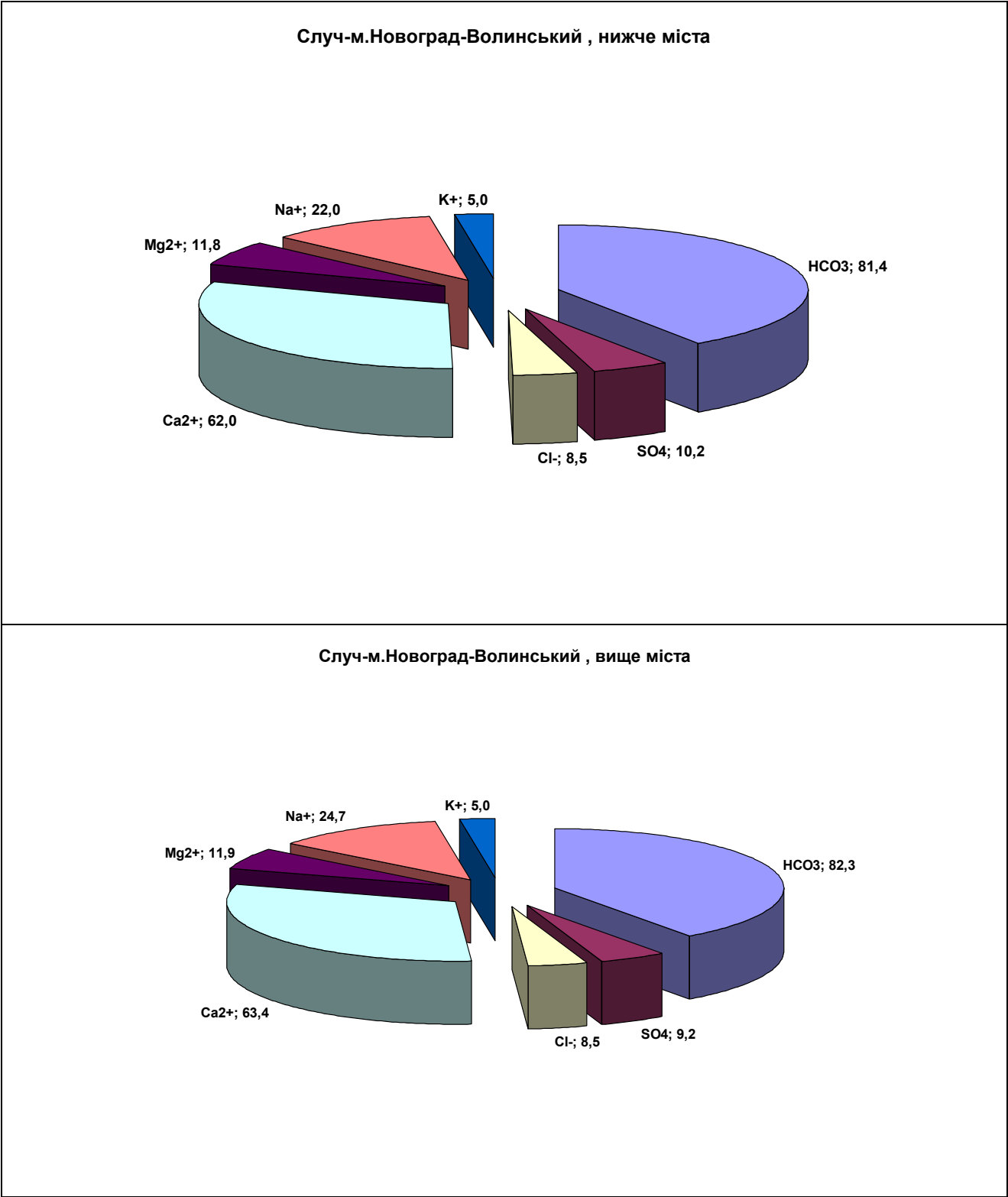


Рис. Ж.5

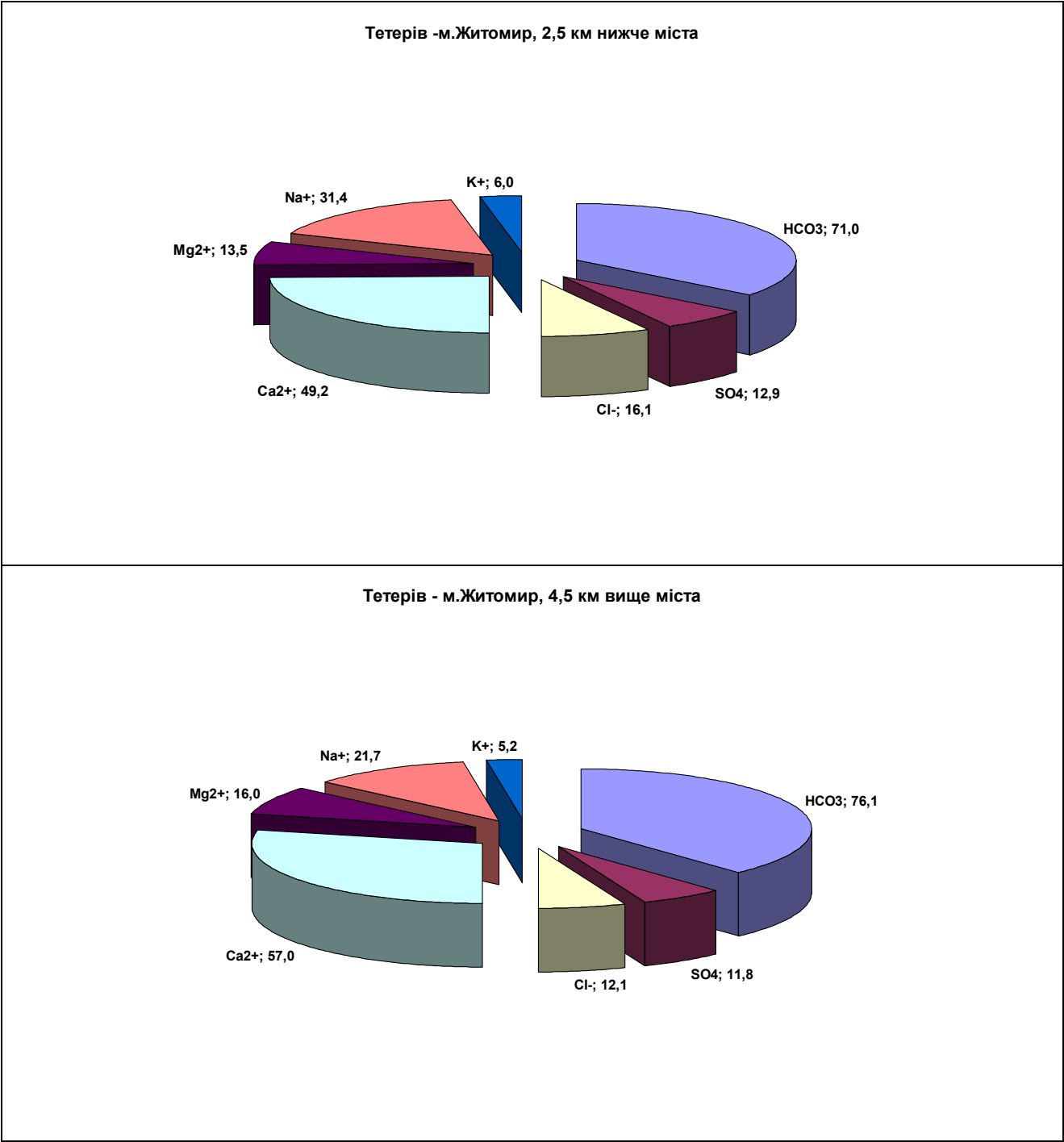


Рис. Ж.6

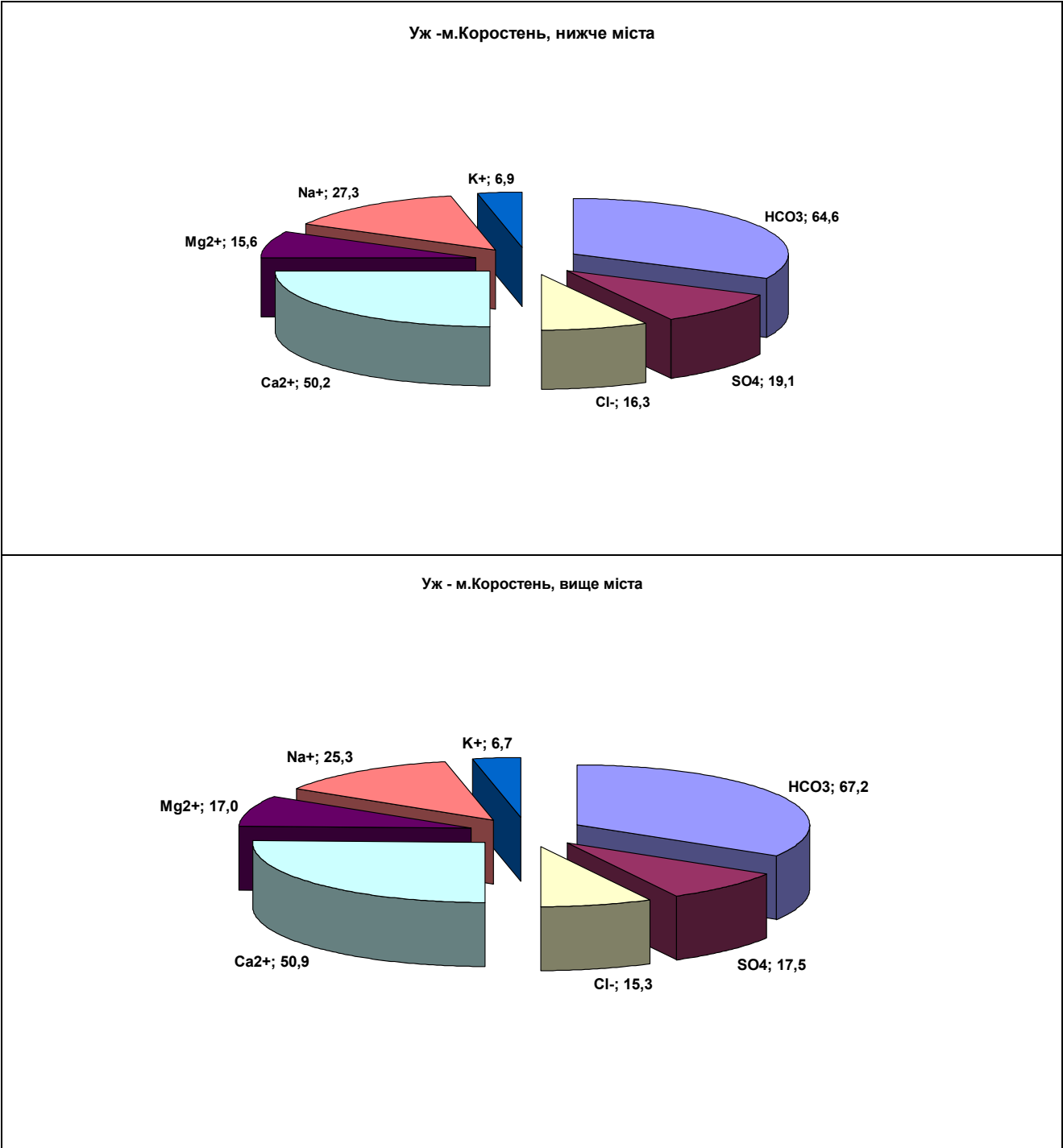
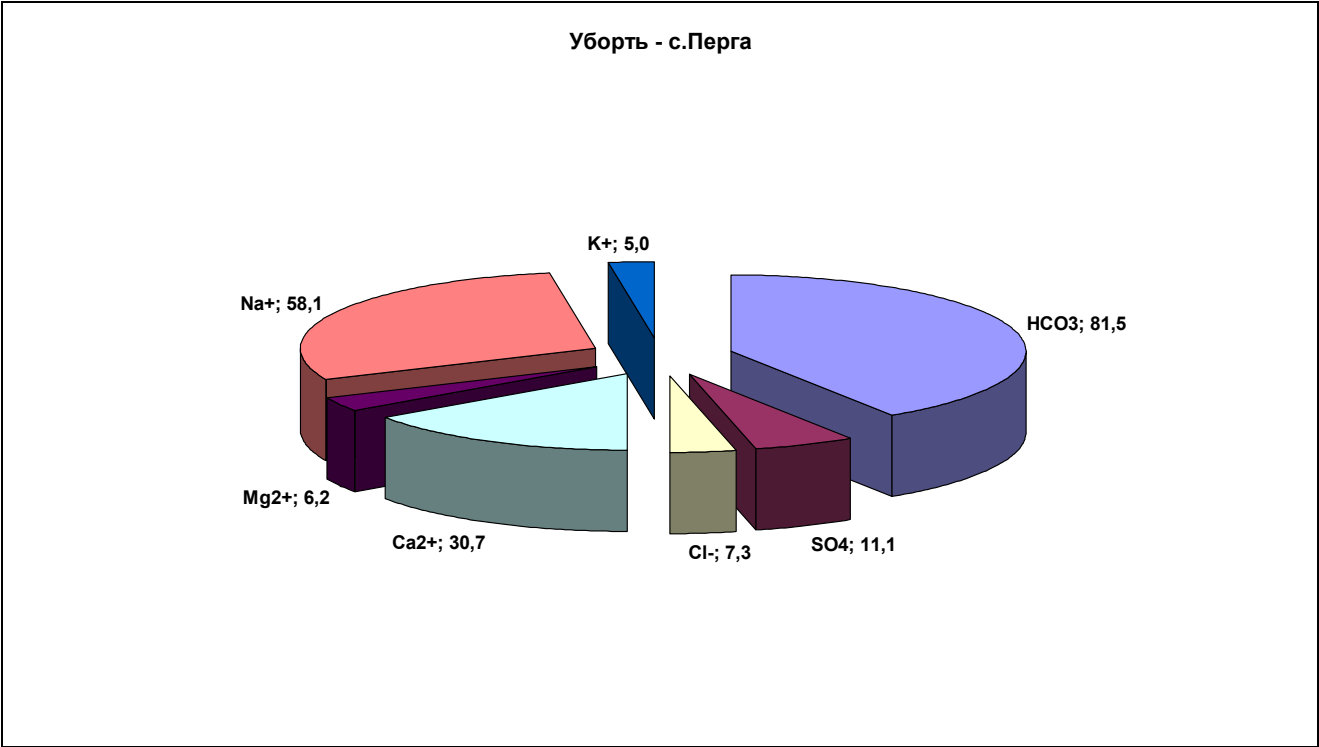




Рис. Ж.7



## Додаток 3

Таблиця 3.1

Середні, максимальні та мінімальні значення концентрацій біогенних речовин у воді досліджуваних річок за багаторічний період

	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	N мін	$\text{PO}_4^{3-}$	Pзаг	Si
<b>Тетерів Радомишль, вище міста</b>							
Середнє	0,6	0,0	0,3	1,0	0,3	0,4	3,8
Мін	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Макс	3,7	0,3	2,1	4,1	0,9	1,2	10,5
<b>Тетерів Радомишль, нижче міста</b>							
Середнє	0,8	0,0	0,3	1,2	0,2	0,4	3,8
Мін	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Макс	14,2	0,2	2,1	14,3	0,9	1,0	8,0
<b>Гнилопять - Бердичів, вище міста</b>							
Середнє	0,7	0,0	0,2	0,9	0,1	0,2	4,4
Мін	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2
Макс	8,5	0,1	1,2	5,3	0,8	0,9	14,0
<b>Гнилопять - Бердичів, нижче міста</b>							
Середнє	1,9	0,1	0,3	2,7	0,3	0,4	4,5
Мін	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4
Макс	22,4	0,3	1,2	23,2	1,4	1,7	13,8
<b>Ірша - Малин, вище міста</b>							
Середнє	0,3	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	3,5
Мін	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Макс	2,2	0,0	0,3	2,3	0,4	0,7	8,7
<b>Ірша - Малин, нижче міста</b>							
Середнє	0,4	0,0	0,2	0,5	0,1	0,1	4,3
Мін	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Макс	2,2	0,2	0,7	2,3	0,6	0,8	9,7
<b>Случ-м, Новоград-Волинський, вище міста</b>							
Середнє	0,7	0,0	0,3	1,2	0,1	0,1	3,1
Мін	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5
Макс	2,4	0,1	1,2	3,1	0,3	0,3	8,1
<b>Тетерів - м. Житомир, 4,5 км вище міста</b>							
Середнє	0,5	0,0	0,2	0,7	0,1	0,1	3,5
Мін	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Макс	3,3	0,2	1,6	2,7	0,5	0,7	11,2

<b>Тетерів -м,Житомир, 2,5 км нижче міста</b>							
Середнє	2,1	0,1	0,3		0,4		3,8
Мін	0,0	0,0	0,0		0,0		0,5
Макс	24,9	0,3	1,9		3,0		9,8
<b>Уборть - с,Перга</b>							
Середнє	1,2	0,0	0,3	1,8	0,1	0,1	4,0
Мін	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	1,6
Мах	4,4	0,4	0,8	4,8	0,2	0,7	8,0
<b>Уж - м,Коростень, вище міста</b>							
Середнє	0,5	0,0	0,2		0,0		5,9
Мін	0,0	0,0	0,0		0,0		1,1
Макс	2,5	0,1	0,8		0,4		19,6
<b>Уж -м,Коростень, нижче міста</b>							
Середнє	0,8	0,0	0,2	1,1	0,1	0,1	5,8
Мін	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,2
Макс	6,7	0,3	0,9	6,9	0,5	0,7	19,8

## Додаток К

Таблиця К.1

Середні, максимальні та мінімальні значення концентрацій важких металів у воді досліджуваних річок за багаторічний період

	Fe заг, мг/дм <sup>3</sup>	Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	Cr <sup>6+</sup> мкг/дм <sup>3</sup>
<b>Тетерів Радомишль, вище міста</b>					
Середнє <i>одиночні дані</i>	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	7,62
Мінімальне	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,00
Максимальне	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	46,00
<b>Гнилопять - Бердичів,нижче міста</b>					
Середнє	0,24	7,20	90,44	56,79	11,40
Мінімальне	0,01	0,00	6,00	3,00	0,20
Максимальне	1,41	62,00	360,00	724,00	100,00
<b>Гнилопять - Бердичів,вище міста</b>					
Середнє	0,18	6,99	74,13	47,75	9,31
Мінімальне	0,01	0,00	1,00	2,00	0,80
Максимальне	2,44	51,60	947,00	664,00	42,00
<b>Ірша - Малин, нижче міста</b>					
Середнє	0,21	3,22	151,73	21,81	6,25
Мінімальне	0,02	0,00	8,00	6,00	0,40
Максимальне	0,93	16,00	497,00	73,00	26,00
<b>Ірша - Малин, вище міста</b>					
Середнє	0,14	2,63	110,14	28,78	7,13
Мінімальне	0,00	0,00	10,00	3,00	0,70
Максимальне	0,70	11,20	500,00	145,00	28,00
<b>Случ-м,Новоград-Волинський , нижче міста</b>					
Середнє	0,21	5,38	32,28	25,84	8,35
Мінімальне	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Максимальне	1,07	37,50	308,00	265,00	44,00
<b>Случ-м,Новоград-Волинський , вище міста</b>					
Середнє	0,18	4,19	25,52	17,57	7,23
Мінімальне	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Максимальне	0,91	68,00	247,00	114,00	33,00
<b>Тетерів -м,Житомир, 2,5 км нижче міста</b>					
Середнє	0,29	8,25	80,4	67,4	11,5
Мінімальне	0,01	0,00	3,00	2,00	0,7
Максимальне	4,55	113,6	357	684	100

<b>Тетерів - м,Житомир, 4,5 км вище міста</b>					
Середнє	0,24	8,22	79,17	63,87	7,68
Мінімальне	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Максимальне	1,44	65,00	850,00	664,00	60,00
<b>Уж - м,Коростень, нижче міста</b>					
Середнє	0,32	11,80	27,35	68,50	8,23
Мінімальне	0,11	6,40	8,70	10,00	0,40
Максимальне	0,95	21,00	46,00	127,00	41,00
<b>Уж - м,Коростень, вище міста</b>					
Середнє	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	7,43
Мінімальне	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,70
Максимальне	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	42,00
<b>Уборть - с,Перга</b>					
Середнє	0,64	6,98	53,53	43,24	10,84
Мінімальне	0,02	0,00	3,00	0,00	0,00
Максимальне	2,64	28,00	350,00	300,00	44,00

## Додаток Л

Таблиця Л.1

Середні, максимальні та мінімальні значення концентрацій забруднювальних речовин у воді досліджуваних річок за багаторічний період, мг/дм<sup>3</sup>

	Феноли	Нафтопродукти	СПАР
<b>Тетерів Радомишль, нижче міста</b>			
Середнє	0,00	0,15	0,04
Мінімальнє	0,00	0,00	0,00
Максимальнє	0,02	2,26	0,51
<b>Тетерів Радомишль, вище міста</b>			
Середнє	0,00	0,11	0,05
Мінімальнє	0,00	0,00	0,00
Максимальнє	0,02	1,90	0,70
<b>Гнилопять - Бердичів, нижче міста</b>			
Середнє	0,00	0,12	0,04
Мінімальнє	0,00	0,00	0,00
Максимальнє	0,02	2,00	0,37
<b>Гнилопять - Бердичів, вище міста</b>			
Середнє	0,00	0,10	0,03
Мінімальнє	0,00	0,00	0,00
Максимальнє	0,02	0,91	0,42
<b>Ірша - Малин, нижче міста</b>			
Середнє	0,00	0,28	0,03
Мінімальнє	0,00	0,00	0,00
Максимальнє	0,02	3,52	0,18
<b>Ірша - Малин, вище міста</b>			
Середнє	0,00	0,09	0,03
Мінімальнє	0,00	0,00	0,00
Максимальнє	0,02	2,00	0,25
<b>Случ-м, Новоград-Волинський , нижче міста</b>			
Середнє	0,00	0,04	0,03
Мінімальнє	0,00	0,00	0,00
Максимальнє	0,01	0,62	0,14
<b>Случ-м, Новоград-Волинський , вище міста</b>			
Середнє	0,00	0,04	0,02
Мінімальнє	0,00	0,00	0,00
Максимальнє	0,00	0,50	0,18
<b>Тетерів -м, Житомир, 2,5 км нижче міста</b>			
Середнє	0,00	0,17	0,06
Мінімальнє	0,00	0,00	0,00

Максимальне	0,05	1,94	0,51
<b>Тетерів - м,Житомир, 4,5 км вище міста</b>			
Середнє	0,00	0,17	0,03
Мінімальне	0,00	0,00	0,00
Максимальне	0,16	3,10	0,25
<b>Уж -м,Коростень, нижче міста</b>			
Середнє	0,00	0,08	0,03
Мінімальне	0,00	0,00	0,00
Максимальне	0,02	1,30	0,48
<b>Уж - м,Коростень, вище міста</b>			
Середнє	0,00	0,08	0,03
Мінімальне	0,00	0,00	0,00
Максимальне	0,03	0,97	0,37
<b>Уборть –с.Перга</b>			
Середнє	0,00	0,04	0,02
Мінімальне	0,00	0,00	0,00
Максимальне	0,00	0,32	0,13

## Додаток М

Таблиця М.1

Середні, максимальні та мінімальні значення концентрацій розчинених газів (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) та показників вмісту органічних речовин (ПО, БО) у воді досліджуваних річок за багаторічний період

	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub>	ПО	БО
<b>Тетерів Радомишль, нижче міста</b>					
Середнє	10,72	94,13	5,49	7,08	34,26
Мінімальнє	5,44	39,00	0,00	2,40	11,20
Максимальнє	16,00	164,00	16,70	12,90	112,00
<b>Тетерів Радомишль, вище міста</b>					
Середнє	11,02	97,32	5,39	7,12	33,05
Мінімальнє	5,87	58,00	0,00	2,80	6,10
Максимальнє	16,50	183,00	19,40	20,80	92,00
<b>Гнилопять - Бердичів, нижче міста</b>					
Середнє	10,66	91,78	5,68	8,16	34,12
Мінімальнє	3,52	37,00	0,00	2,00	7,20
Максимальнє	19,20	141,00	23,40	15,10	130,00
<b>Гнилопять - Бердичів, вище міста</b>					
Середнє	11,52	98,65	5,06	7,03	31,73
Мінімальнє	4,96	0,00	0,00	2,70	4,50
Максимальнє	18,90	150,00	15,80	12,40	95,00
<b>Ірша - Малин, нижче міста</b>					
Середнє	9,82	87,21	9,35	6,81	28,27
Мінімальнє	4,48	37,00	0,00	2,70	7,60
Максимальнє	16,00	181,00	27,70	17,20	70,10
<b>Ірша - Малин, вище міста</b>					
Середнє	10,26	90,38	8,08	6,57	28,08
Мінімальнє	4,80	33,00	0,00	3,10	9,10
Максимальнє	16,30	181,00	17,20	14,90	68,00
<b>Случ-м,Новоград-Волинський, нижче міста</b>					
Середнє	9,93	87,24	9,71		33,97
Мінімальнє	6,72	52,00	0,88		16,60
Максимальнє	13,90	158,00	16,70		78,70
<b>Случ-м,Новоград-Волинський, вище міста</b>					
Середнє	10,54	93,44	8,84		28,39
Мінімальнє	15,00	53,00	0,00		5,80
Максимальнє	7,04	180,00	18,00		53,80

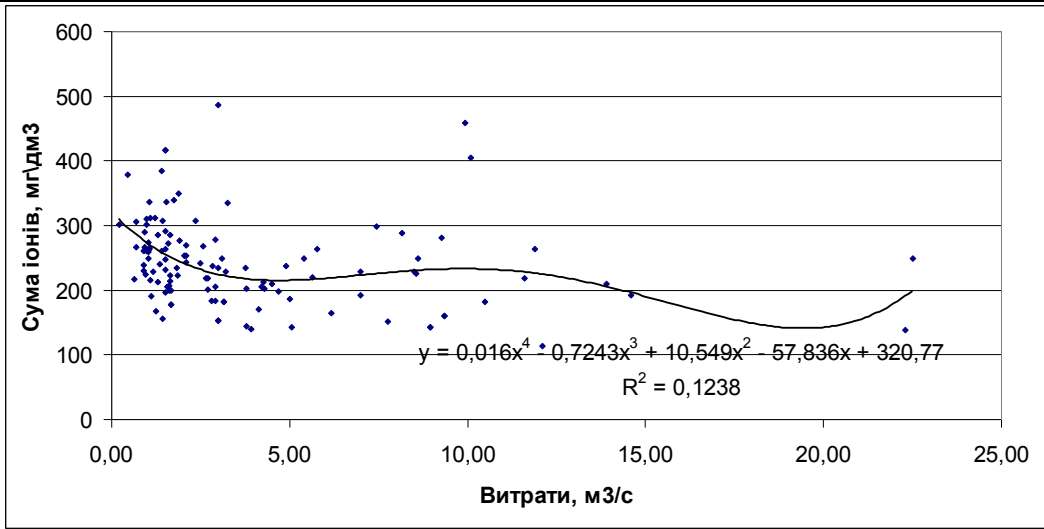


<b>Тетерів -м,Житомир, 2,5 км нижче міста</b>					
Середнє	10,37	90,46		8,11	38,51
Мінімальнє	3,20	30,00		2,56	7,60
Максимальнє	21,50	193,00		15,40	120,00
<b>Тетерів - м,Житомир, 4,5 км вище міста</b>					
Середнє	12,00	106,75	5,20	6,82	31,70
Мінімальнє	5,76	56,00	0,00	2,70	6,00
Максимальнє	18,60	333,00	19,20	17,90	90,00
<b>Уж -м,Коростень, нижче міста</b>					
Середнє	10,69	91,73	6,69	8,67	32,87
Мінімальнє	4,48	48,00	0,00	4,80	7,40
Максимальнє	17,90	158,00	17,20	14,60	72,00
<b>Уж - м,Коростень, вище міста</b>					
Середнє	11,35	97,67		8,60	31,04
Мінімальнє	5,76	66,00		4,20	4,90
Максимальнє	16,60	172,00		14,20	110,00
<b>Уборгь - с,Перга</b>					
Середнє	11,53	100,91	19,86		43,82
Мінімальнє	5,94	55,00	0,00		11,40
Максимальнє	16,50	197,00	75,60		96,00

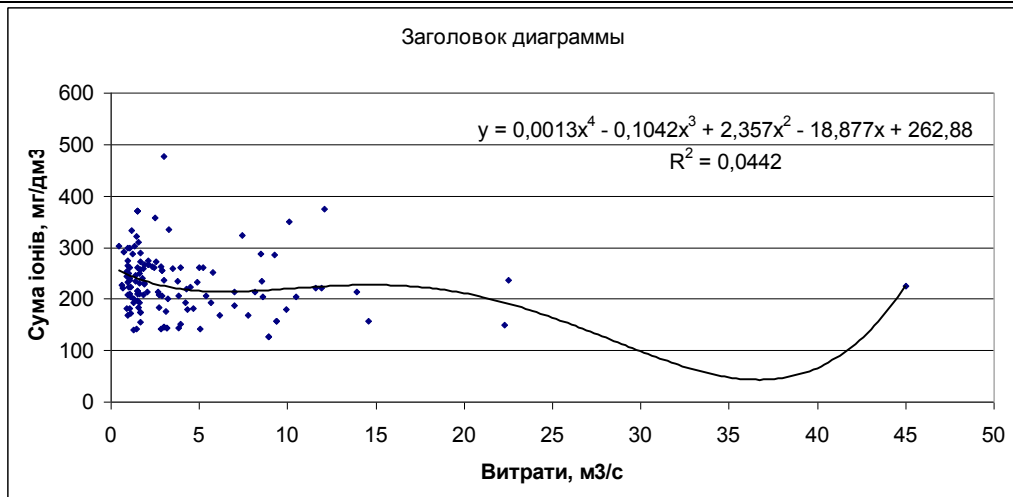
Додаток Н

Залежність концентрацій суми іонів у воді від витрат води

Рис. Н.1



р.Уж – нижче м.Коростень



р. Уж - вище м.Коростень

Рис. Н.2

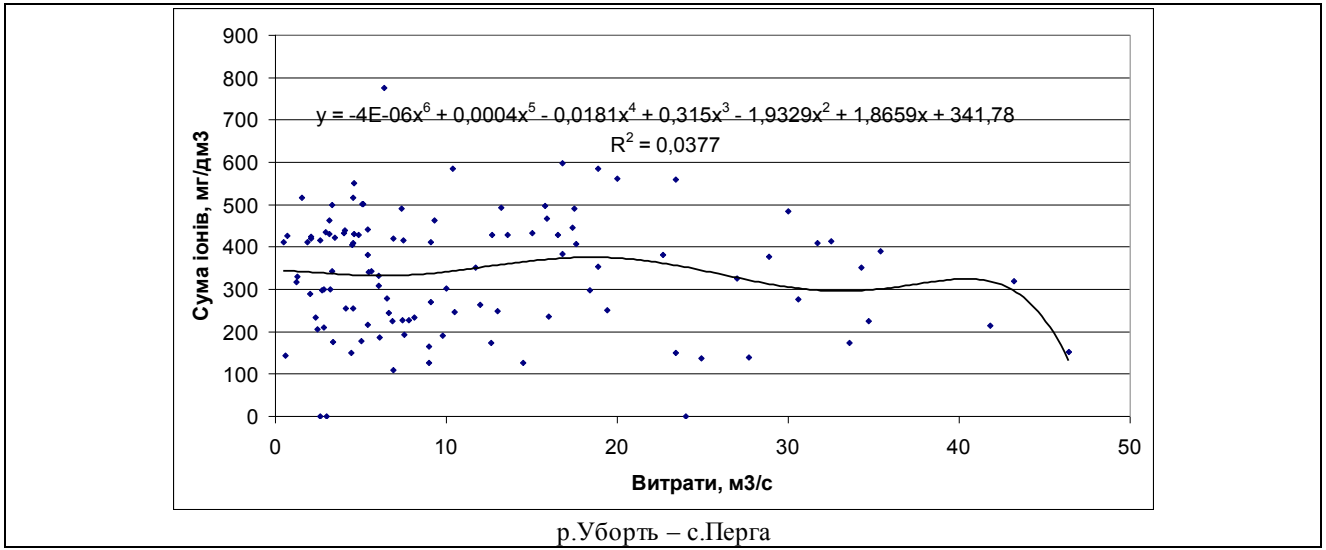


Рис. Н.3

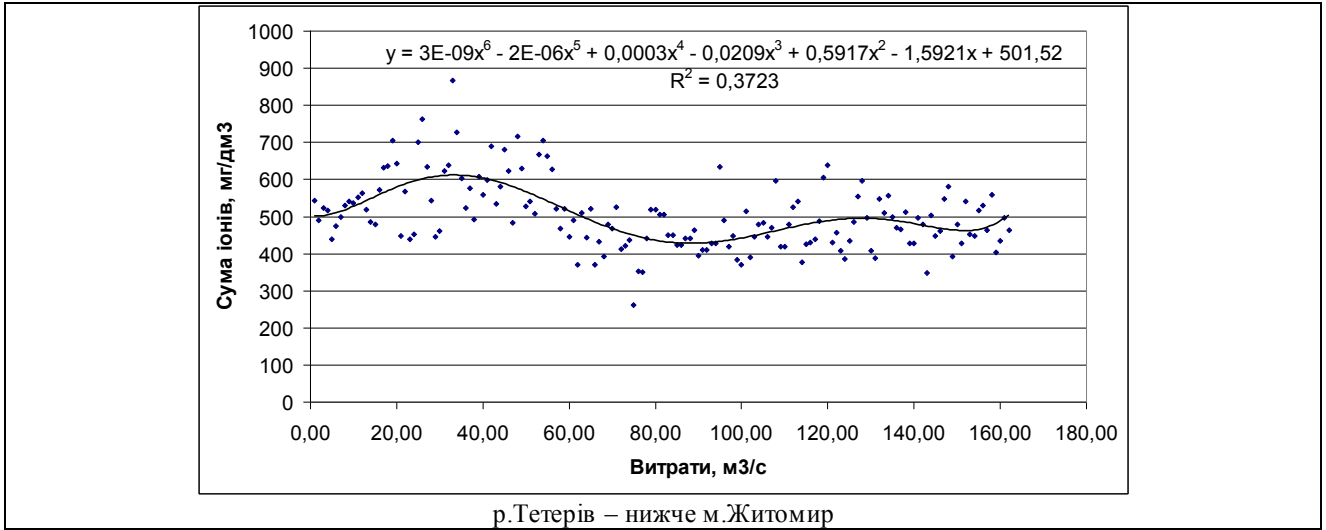
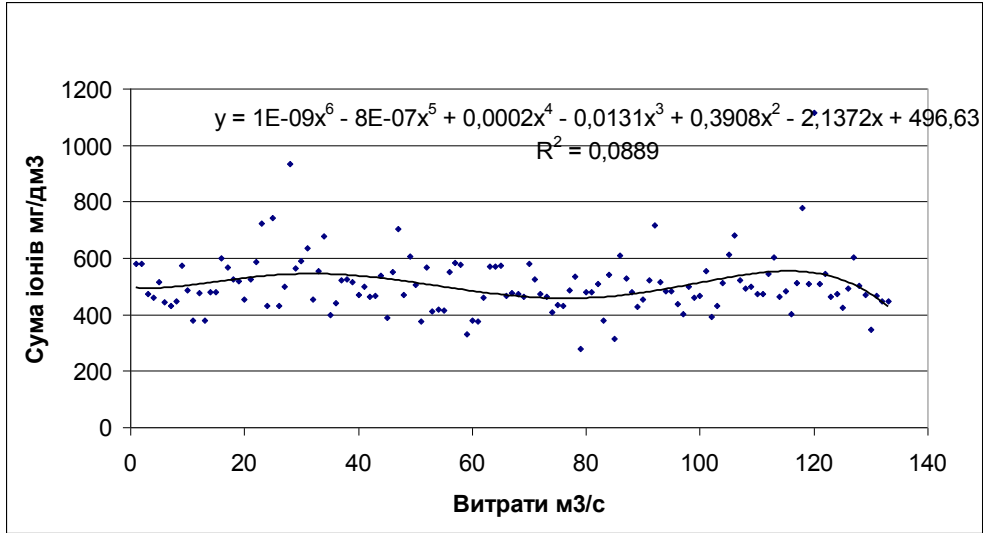
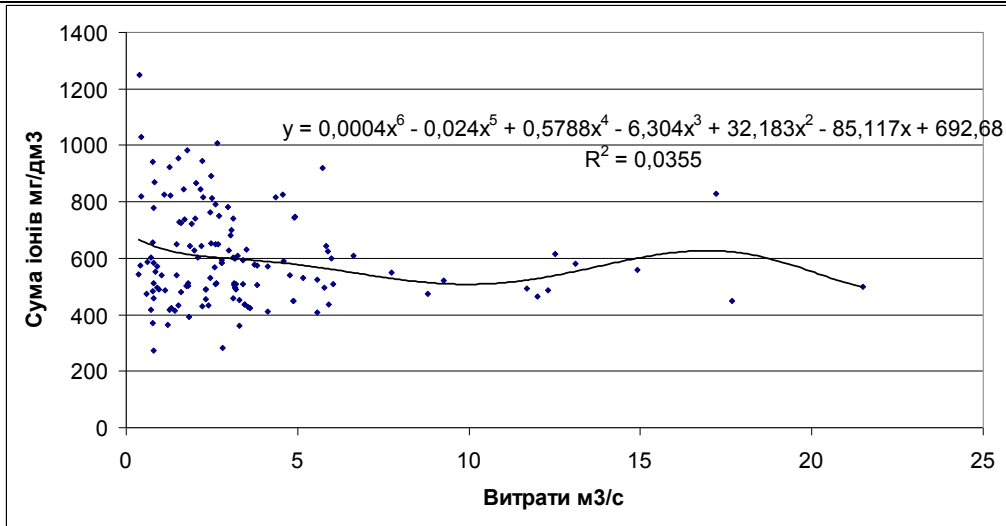


Рис. Н.4

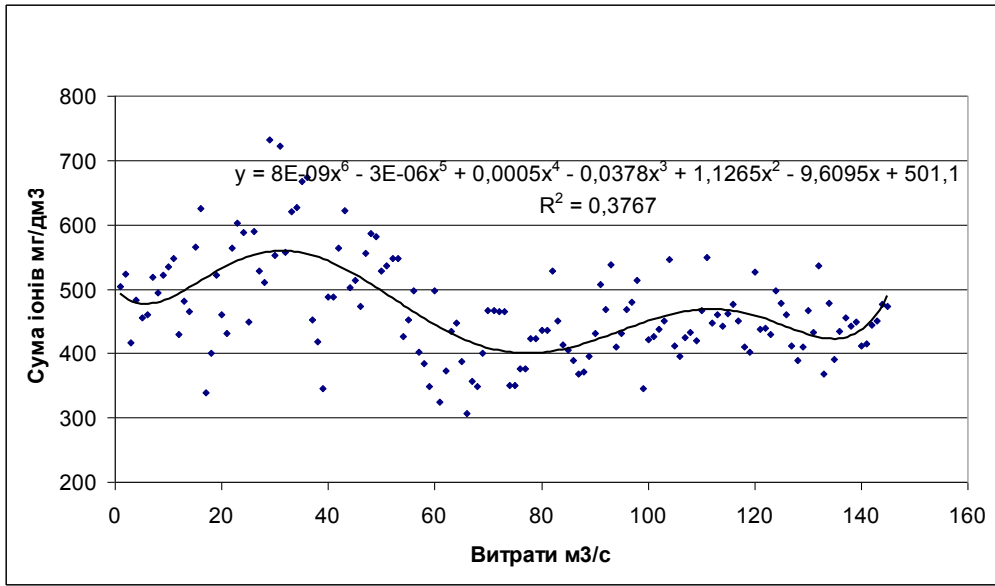


Гнилопять – Бердичів, вище міста

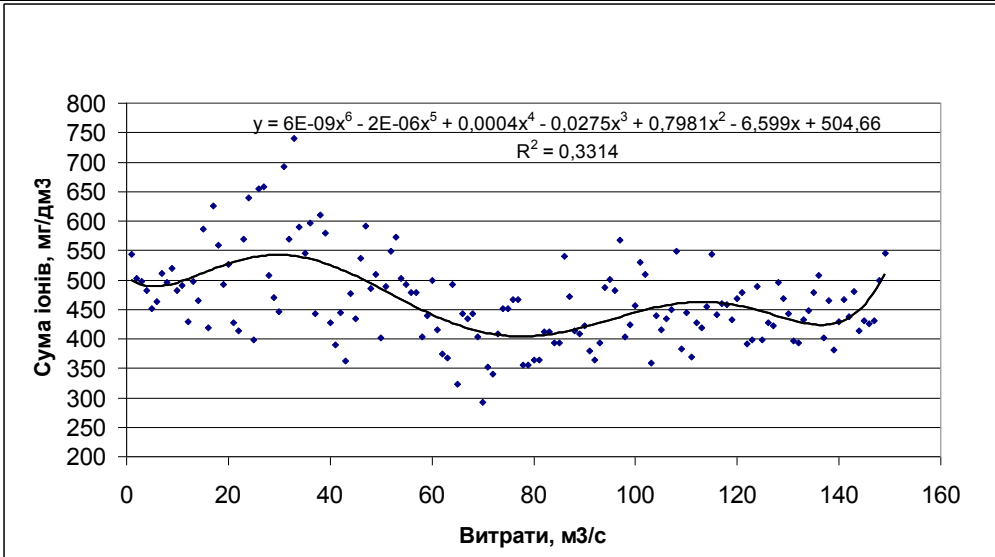


Гнилопять - Бердичів, нище міста

Рис. Н.5



Тетерів - Радомишль, нище міста

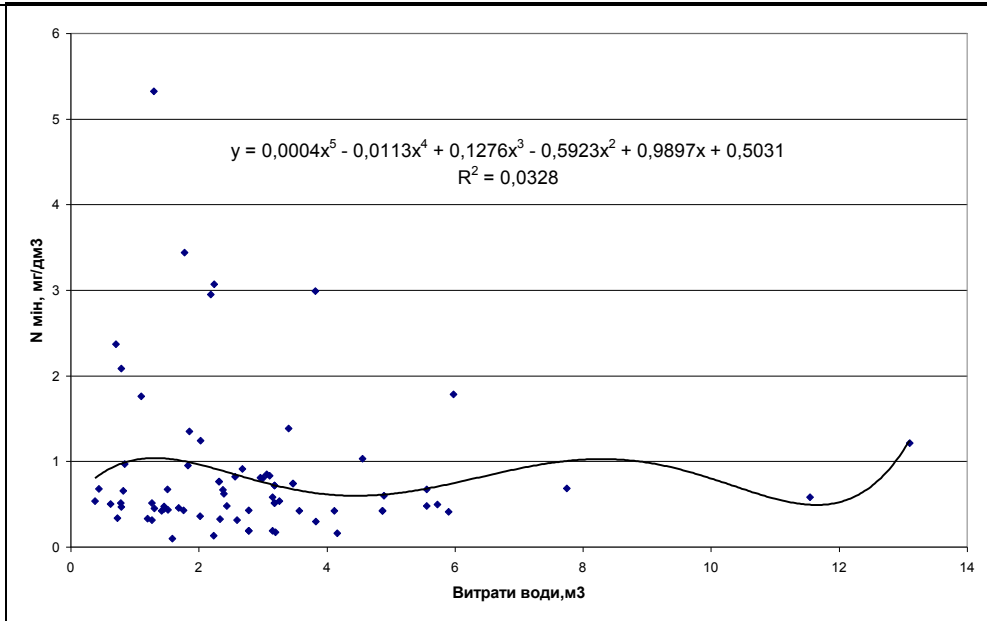


Тетерів - Радомишль, вище міста

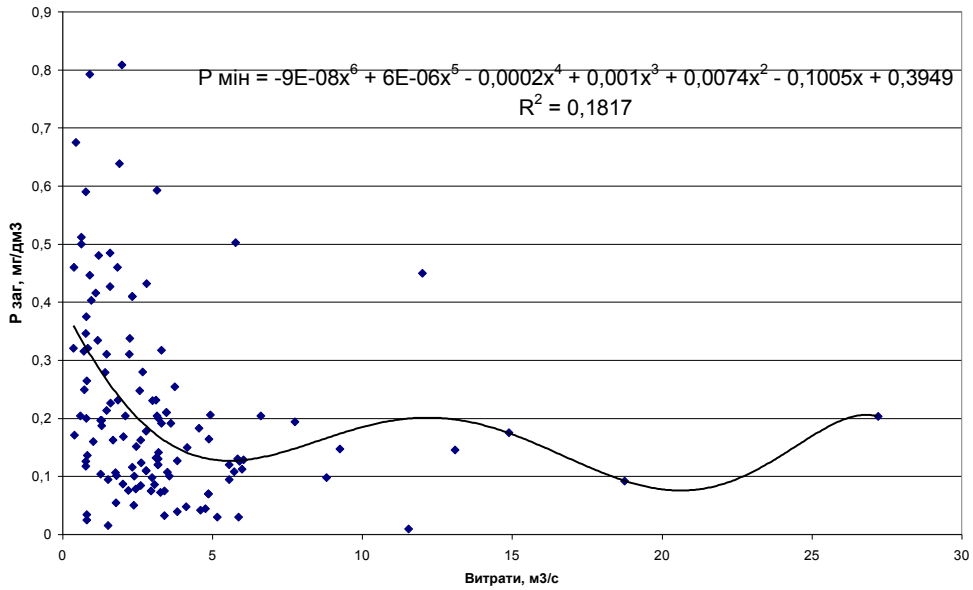
### Додаток П

## Залежність концентрацій біогенних речовин від витрат води

Рис. П.1

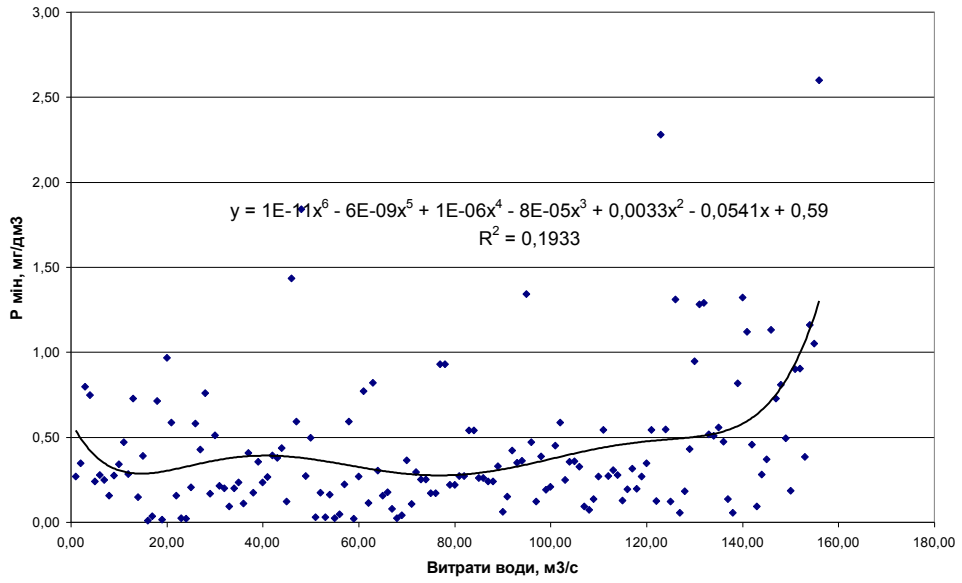


N min, р.Гнилопять – вище м.Бердичева

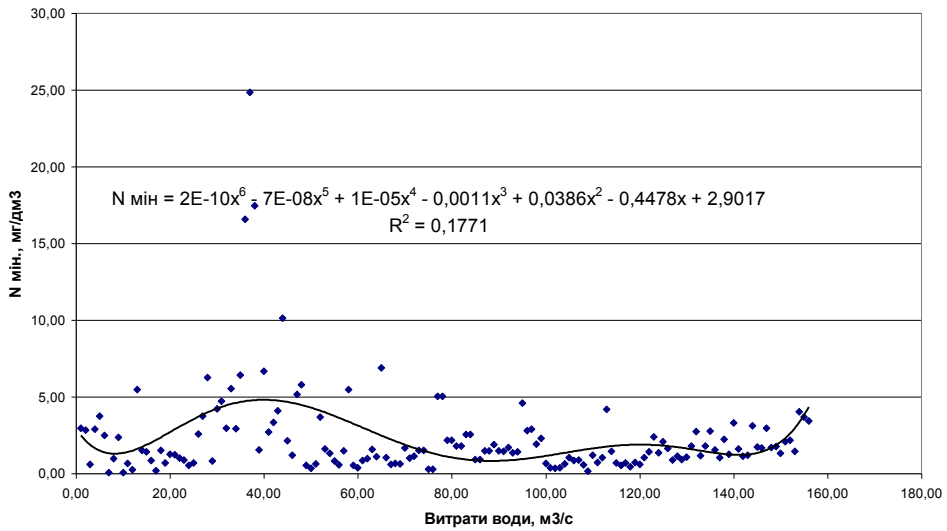


P заг, р.Гнилопять – вище м.Бердичева

Рис. П.2



P min., Тет Житомир, нижче міста



N min., Тет Житомир, нижче міста

Рис. П.3

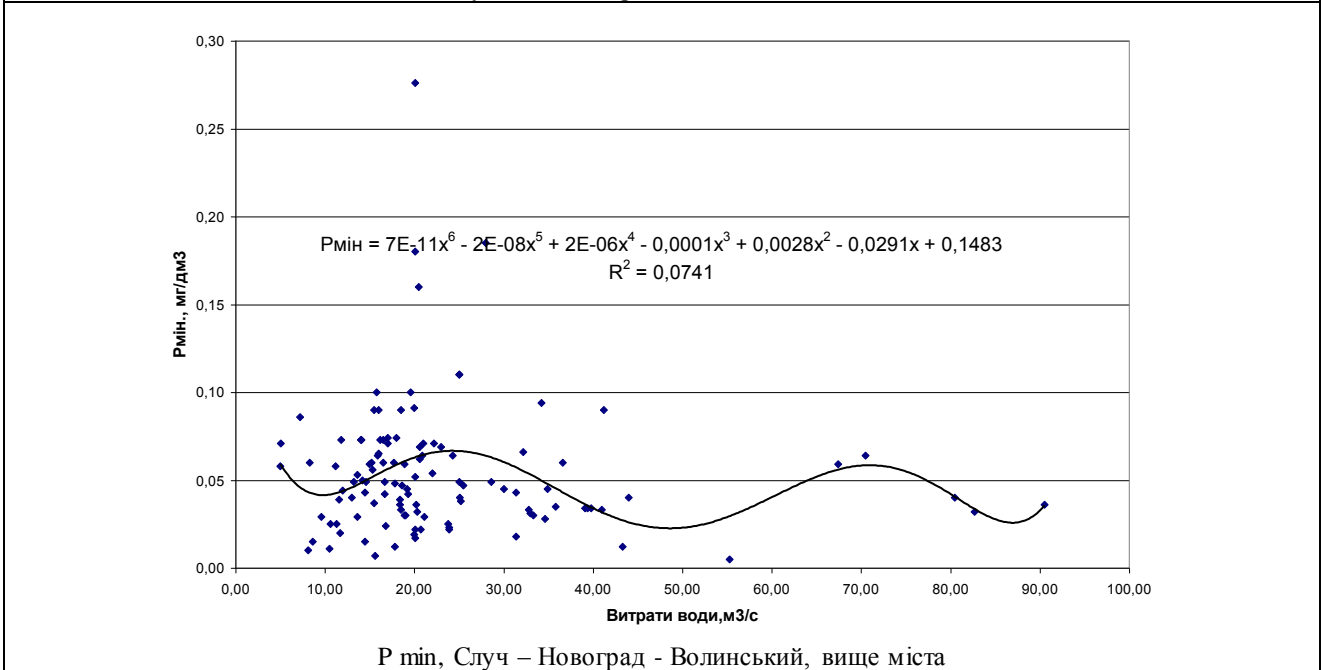
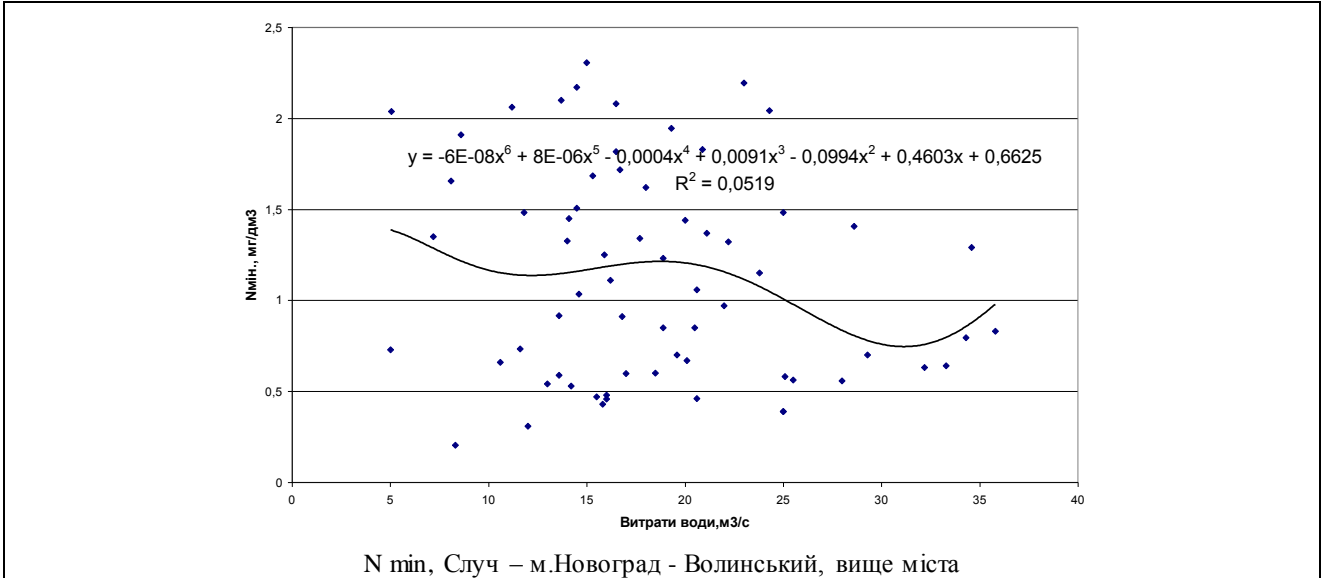




Рис. П.4

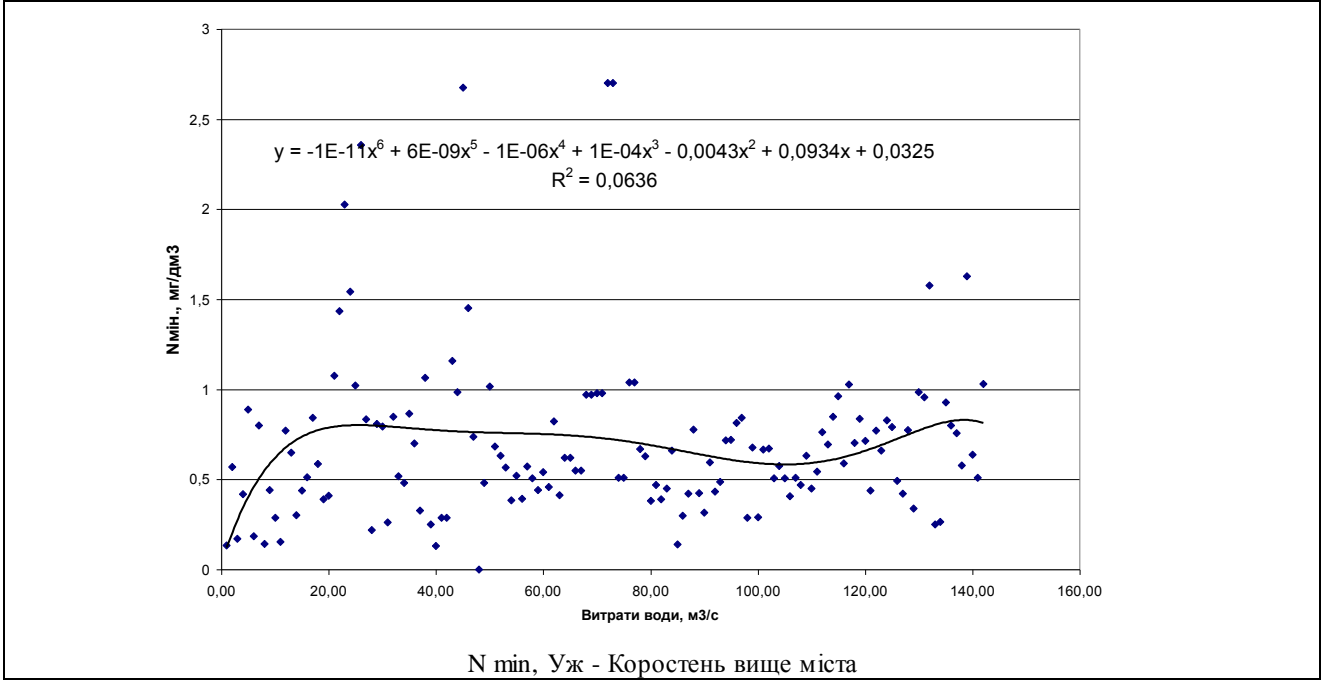
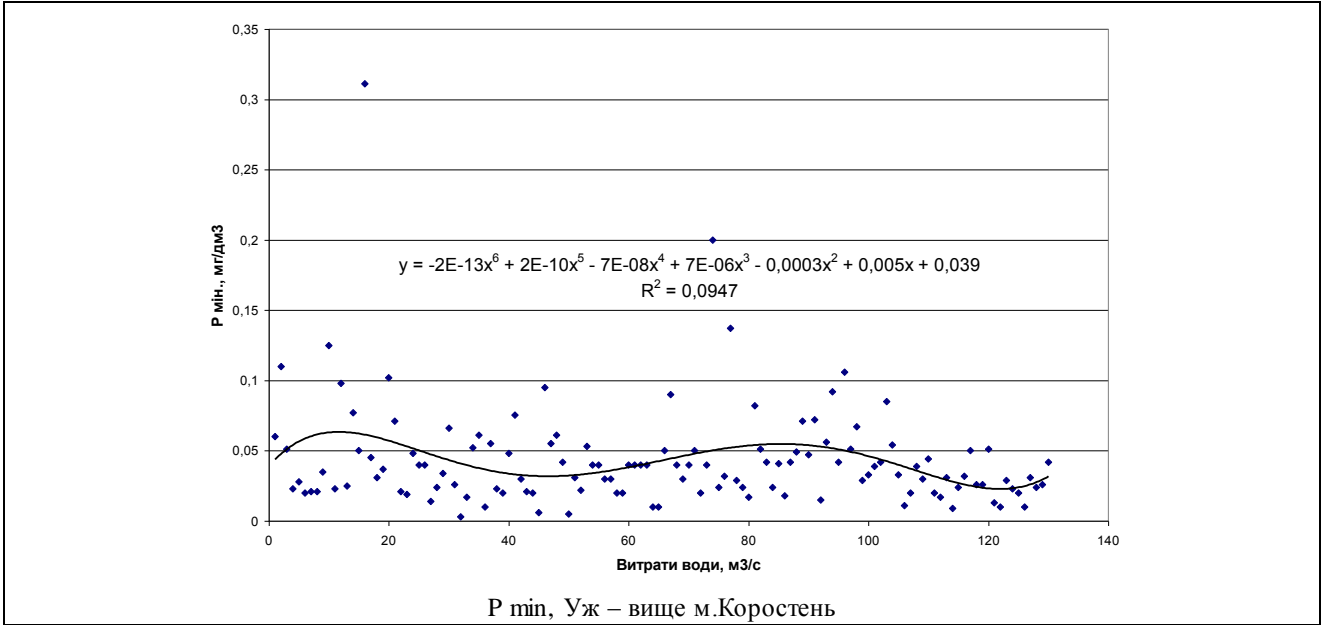


Рис. П.5

