

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра гідрології та гідроекології

На правах рукопису

УДК 556.06

**ПРОГНОЗУВАННЯ ПАВОДКОВИХ ВИТРАТ ВОДИ
ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ РОКУ НА ДІЛЯНЦІ Р. ПРУТ
ЗА МЕТОДОМ ВІДПОВІДНИХ РІВНІВ**

Галузь знань 10 – Природничі науки
Спеціальність 103 – Науки про Землю
Освітня програма - Управління та екологія водних ресурсів

Кваліфікаційна робота бакалавра

студентки 4 курсу

Малої Маргарити Миколаївни

Науковий керівник:

доц.кафедри гідрології та гідроекології
к. геогр. н. Лук'янець Ольга Іванівна

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТОКУ ВОДИ Р. ПРУТ В МЕЖАХ УКРАЇНИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ ВОДНОГО РЕЖИМУ.....	6
1.1. Географічне положення	6
1.2. Геологічна будова та рельєф	7
1.3. Кліматична характеристика	8
1.4. Особливості водного режиму річки.....	10
2. ГІДРОГРАФІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ Р. ПРУТ ТА ЇЇ БАСЕЙНУ	13
3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУ СТОКУ ВОДИ ЗА МЕТОДОМ ВІДПОВІДНИХ РІВНІВ ТА РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗІВ ВИТРАТ ВОДИ НА ДІЛЯНЦІ Р. ПРУТ (ВІД М ЯРЕМЧЕ ДО М. ЧЕРНІВЦІ)	16
3.1. Загальні відомості про гідрологічні прогнози та їх завчасність ...	16
3.2. Теоретичні основи прогнозу стоку води за методом відповідних рівнів води на ділянці річки та порядок розробки методики прогнозування	17
3.3. Вихідні дані для розробки методики прогнозування стоку води на ділянці р. Прут – м Яремче м. Чернівці за методом відповідних рівнів	24
3.4. Прогнозні залежності відповідних витрат води та часу руслового добігання на ділянці р. Прут – м Яремче- м. Чернівці, їх аналіз	25
3.5. Допустимі похибки прогнозу витрат води	32
4. ПЕРЕВІРОЧНІ ПРОГНОЗИ ТА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗІВ	35
ВИСНОВКИ	39

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	41
ДОДАТКИ	44
ДОДАТОК А. Визначення відповідних значень витрат води на ділянці р. Прут	45
ДОДАТОК Б. Розрахунок часу руслового добігання на ділянці р. Прут від м Яремче до м Чернівці	53

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективне використання водних ресурсів і запобігання збиткам від стихійних гідрологічних явищ значною мірою залежать від своєчасного інформування про стан водних об'єктів і попередження про потенційну небезпеку. Гідрологічні прогнози необхідні в багатьох галузях. Для керування водогосподарськими спорудами та системами, а також ефективного регулювання стоку у водосховищах потрібно знати про приплив води. У теплу пору року дощові паводки на річках можуть бути дуже небезпечними, оскільки різке підвищення рівня або витрати води може призвести до катастрофічних наслідків. Тому для своєчасного вжиття заходів і запобігання збиткам від стихії необхідний своєчасний гідрологічний прогноз, який базується на науково обґрунтованих методах прогнозування гідрологічних явищ з певною завчасністю.

Об'єкт дослідження – ділянка річки Прут між гідрологічними постами Яремча та Чернівці.

Предмет дослідження – витрати води, їх зміна та динаміка на ділянці р. Прут під час паводків у теплий період року.

Мета роботи є дослідження умов формування стоку води р. Прут у теплий період року та розроблення методики короткострокового прогнозування паводкових витрат води за методом відповідних рівнів води.

Для досягнення мети були поставлені наступні **завдання**:

- Описати фізико-географічні умови формування стоку води на р. Прут, особливості її водного режиму.

- Вивчити теоретичні та методичні основи методу відповідних рівнів води та порядок розробки методики прогнозування.

- Сформувати банк вихідних даних для розробки методики прогнозування.

- Розробити методики прогнозу витрат води за методом відповідних рівнів на ділянці від м. Яремче до м. Чернівці з аналізом прогнозних залежностей.

- Провести перевірочні прогнози розроблених методик для ділянки на р. Прут та оцінити її ефективність.

Вихідними матеріали є дані спостережень державної гідрометеорологічної мережі

Методи дослідження ґрунтуються на методах статистичного та кореляційного аналізів.

Структура та обсяг роботи. Курсова робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань та додатків.

Написання кваліфікаційної роботи бакалавра, її оформлення, всі розрахунки та графічні побудови зроблені за допомогою ПК.

1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТОКУ ВОДИ Р. ПРУТ В МЕЖАХ УКРАЇНИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ ВОДНОГО РЕЖИМУ

1.1. Географічне положення

Прут — річка в Україні (Івано Франківської і Чернівецької області) та на кордоні Молдови з Румунією, ліва притока Дунаю (рис. 1.1). Бере початок на північних схилах хребта Чорногора в Українських Карпатах, у межах Надвірнянського району Івано Франківської області. Основні притоки (в межах України): Пістинька, Рибниця, Черемош, Деремлуї (праві), Тлумачик, Добривідка, Турка, Чорнява, Белелуя, Шубранець, Рингач, Черлена (ліві). Для захисту від руйнування та паводкових вод на окремих ділянках береги ріки обваловано, укріплено каменем і бетонними плитами, у заплаві (пониззя) прокладено дренажні канали.[15,23]



Рис.1.1. Басейн річки Прут

1.2. Геологічна будова та рельєф

Для сучасного рельєфу території характерні поєднання міжрічкових горбисто-грядові височин, рівнин, передгірських улоговин і відносно широких долин. Центральні або Верховинські Карпати в районі річок Білого та Чорного Черемоша й Прута характеризуються м'яким низькогірський рельєфом. Південніше Пруто-Черемошської Верховини тягнуться Полонинські Карпати з типовим середньо-гірським рельєфом. На північному заході їх вершини сягають 1300-1400 м, а на південному сході 1900-2061 м, вершина Говерла 2061 м. Гірсько-ущелені місцевості характерні для верхів'їв Черемоша й Прута. Звуження долини часто набуває скельного виду, у руслі утворюються пороги.

Басейн Прута має неправильну форму. Його водозбір витягнутий з північного-заходу на південний-схід, вузький, асиметричний, з більш розвинутим правобережжям у верхній і середній частині. Середня ширина басейну - 51 км. Середня висота водозбору у верхів'ях 1000 – 1200 м., в пониззі (кордон між Молдовою і Румунією) 450 - 800 м.

У верхів'ях (до с Делятина) Прут має гірський характер. Долина слабозвивиста, V подібна, на окремих ділянках являє собою ущелину. Ширина її змінюється від 35 до 780 м, переважна — 200-300 м. Заплава Прута на цій ділянці переривчаста, ширита 30-50 м, максимальна — 300 м. Річище звивисте, порожисте; багато невеликих островів; біля м. Яремчі є водоспад. Ширина річки від 15 до 40 м, найбільша — 120 м (біля Делятина). У середині течії долина Прута набуває трапецієподібної форми, ширина її 2—5 км, подекуди — до 9 км. Заплава двостороння, ширина 0,5—1,5 км. Річище звивисте, розгалужене, є пороги; пересічна ширина річки 40—100 м, найменша — 8 м, найбільша — 260 м. Похил річки змінюється від 100 м км (біля витоку) до 0,05 м/км (біля гирла).

Долина річки Прут широка, заповнена камінням і піском. Схили характеризуються сильною крутизною. Від витоку до м. Чернівці р. Прут має

режим гірської річки. Аналогічний характер режиму мають і притоки р. Прут, які впадають до м. Чернівці. Далі річка стає рівнинною.[4,10]

1.3. Кліматична характеристика

Клімат помірно-континентальний, із теплим вологим літом і м'якою зимою, з переважанням повітряних мас з Атлантичного океану. Щорічно випадає від 600 мм опадів на рівнинах до 1600 мм на вершинах гір. Добова кількість опадів в басейні р. Прут подано в табл. 1.1.[7]

Таблиця 1.1

Добова кількість опадів (мм) в басейні р. Прут за даними спостережень на метеорологічних станціях

ДОБОВА КІЛЬКІСТЬ ОПАДІВ (мм)													
Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
М Коломия													
Середня	2,1	2,0	2,4	4,4	5,8	6,6	7,3	6,2	5,2	3,5	2,7	2,3	4,2
Середня з максимальної	8	8	10	18	25	29	34	27	19	14	11	10	47
Максимальна	27	37	32	58	69	108	95	84	48	54	49	42	108
Рік	1952	1895	1899	1898	1985	1897	1948	1979	1978	1885	1896	1896	1897
Дата	21				19		17	14	1				VI
Сс Яремча													
Середня	2,5	2,9	3,1	5,1	6,9	7,9	8,1	7,1	6,4	4,0	3,5	2,9	5,0
Середня з максимальної	10	10	13	22	29	39	40	31	24	17	14	11	61
Максимальна	29	32	31	86	67	173	92	111	61	36	37	25	173
Рік	1980	1962	1988	1977	1960	1969	1964, 1974	1955	1988	1947	1971	1985	1969
Дата	1	14	28	17		8	3, 22		8		20	30	8.VI
М Чернівці													
Середня	2,4	2,4	2,8	4,6	5,5	7,2	7,4	5,7	5,5	3,4	2,9	2,7	4,4
Середня з максимальної	9	9	10	18	21	30	30	21	17	12	12	11	43
Максимальна	25	69	51	50	81	78	117	72	87	70	44	36	117
Рік	1952	1907	1933	1901	1893	1969	1910	1906	1881	1901	1913	1896	1910
Дата	21					8							VII

Розподіл опадів по території дуже нерівномірний, і головним чинником є висотне положення місцевості. На рівнині з висотами 150-250 м випадає 600-

700 мм, у передгір'ї (300-560 м) - до 800 мм. Ця територія характеризується активними зливами та інтенсивними дощами, які спричиняють дощові паводки.

Найхолодніший місяць року – січень, із середніми температурами від -1,8 до -6,0°C, у Карпатах до -8°C. Найтепліший місяць — липень, із середньою температурою +17,4°C.

Середньомісячні і річні температури повітря (°C) за даними спостережень на метеорологічних станціях подано в табл. 1.2.[20]

Таблиця 1.2

Середньомісячні і річні температури повітря (°C) за даними спостережень на метеорологічних станціях

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
М Коломия													
Середня	-5,3	-3,4	1,2	7,9	13,3	16,3	17,6	16,9	13,2	7,9	2,5	-2,4	7,1
Рік	1893	1929	1952	1933	1980	1962	1979	1987	1931	1946	1993	1933	1933
Найбільш висока	1,4	3,8	6,7	11,9	16,4	20,4	20,6	21,1	16,0	11,9	6,8	2,1	8,8
Рік	1983	2002	1882	1876	1958	1892	1895	1892	1878 1982	1896	1926 1963	1898 1989	1898
Сл Яремча													
Середня	-3,8	-2,6	1,3	7,0	12,1	14,9	16,3	15,7	12,5	7,8	3,0	-1,3	6,9
Рік	1963	1956	1952	1955	1980	1949 1962	1979	1976	1959	1946	1993	1969	1956
Найбільш висока	1,6	4,1	6,2	10,0	15,6	18,2	19,1	19,2	15,4	11,9	7,6	3,1	8,4
Рік	1975	2002	1990	1950	1958	1964	1946	1946	1982	1966	1963 1969	1960	1989
М Чернівці													
Середня	-4,9	-2,9	1,7	8,7	14,3	17,4	18,7	18,0	14,3	8,6	2,9	-1,9	7,9
Рік	1893	1929	1952	1907 1933	1980	1865	1869	1870	1865	1946	1993	1890	1956
Найбільш висока	1,7	4,0	7,7	12,8	19,9	21,2	22,4	22,4	17,8	12,6	7,9	2,3	9,9
Рік	1983	2002	1990	1872	1872	1964	1936	1992	1994	1896	1926	1960	1990

Перехід середньодобової температури через 0°C у бік підвищення відбувається у першій-другій декаді березня, а на півдні території у третій декаді лютого. Осінній перехід середньодобової температури повітря через 5°C відбувається в третій декаді листопада.

1.4. Особливості водного режиму річки

Для водного режиму характерні весняна повінь, нестійка літньо-осіння межень і паводки протягом більшої частини року. Льодостав з кінця грудня — поч. січня до поч. березня (у верхів'ї скресає на тиждень пізніше); в окремі роки не замерзає. Під час льодоходу бувають затори. Гідрологічні пости біля с. Кременці (з 1959), Яремчі (з 1950), Чернівців (з перервами 1895 — 1911, 1919—24, 1926—35 та з 1945).

У гірських районах Українських Карпат, особливо у Закарпатті, має місце формування змішаних паводків, утворених дощовими водами і стоком внаслідок сніготанення. Такі паводки утворюються у холодний період року при інтенсивних потепліннях, коли на значних територіях випадають дощові опади на сніговий покрив; відбувається бурхливе сніготанення одночасно із дощовим стоком.[7,8]

Для режиму р. Прут особливо характерними є літні паводки, обумовлені інтенсивними зливами, а також весняні паводки, які утворюються внаслідок сніготанення і весняних дощів і в окремі роки не поступаються за висотою літнім. Осінні паводки також відмічаються, але вони зазвичай менш значимі по висоті.[3,9]

Весняне водопілля розпочинається в середньому в кінці лютого – на початку березня, за декілька днів до скресання криги на річці або одночасно з ним. висоти звичайно в період льодоходу, на 3 – 5 – й день після скресання річки, в період з кінця березня до середини квітня.

Проходження максимальних рівнів і витрат водопілля в середньому по басейну спостерігається у третій декаді березня та в першій декаді квітня. Найбільш рання та пізня дата проходження максимальних витрат води (із середньобагаторічних дат) спостерігається 24 березня та 3 квітня відповідно. Тривалість водопілля змінюється від 29 – 42 діб. Водопілля в басейні р. Прут завершується у другій – третій декадах квітня.[1,13]

Гідрологічний режим Прута і його приток з травня і до кінця вересня характеризується неодноразовим проходженням дощових паводків різної висоти. Найбільшою інтенсивністю вирізняються червневі і липневі паводки. Під час паводків підйом рівня води відбувається дуже різко. Спад значно повільніший. Літні паводки нерідко супроводжуються негативними наслідками, які в окремі роки набувають катастрофічного характеру (паводки 1969, 2008 рр.). Осінні підйоми за інтенсивністю значно поступаються весняно-літнім.[4,18]

В басейні Прута максимальні дощові витрати перевищують максимальні витрати від талих вод незалежно від площі водозбору (табл. 1.3). Річки Закарпаття та гірської частини басейну Пруту характеризуються проходженням паводків з березня по серпень, під час яких річки проносять, в середньому, 55-70% річного стоку. Сезон, на який припадає найменша частка стоку (10-15%) є зима. В цьому ж сезоні спостерігається і найменший місячний стік – біля одного відсотка від річного; найчастіше це буває у лютому, рідше – у січні. Враховуючи такий режим стоку річок, лімітуючим періодом при розподілі розрахункового стоку у роки різної водності прийнята осінньо-зимова межень (вересень-лютий), а в якості лімітуючого сезону – зима. Виділення меженого періоду на річках даного району є достатньо умовним, оскільки паводки спостерігаються впродовж всього року.[17,21]

Таблиця 1.3

Найбільші максимальні витрати води під час водопілля та паводків за період спостережень

Річка – пост	Площа водозбору, км ²	Найбільша максимальна витрата води під час водопілля за період спостережень $Q_{\text{МАКС_ПОВ}}$	Найбільша паводкова максимальна витрата води за період спостережень $Q_{\text{МАКС_ПАВ}}$	Відношення до $Q_{\text{МАКС_ПАВ}}$
р.Прут - м. Яремче	597	299	1530	0,20
р.Прут - м. Коломия	1130			
р.Прут - м. Чернівці	6890	1320	5200	0,25

Найнижчі рівні води спостерігаються наприкінці вересня – на початку жовтня. Осінні підйоми досягають найбільшої висоти в середині – кінці жовтня перед утворенням перших льодових явищ. Упродовж всієї зими режим рівнів малозмінний, найнижчі зимові рівні відмічаються в кінці грудня – початку січня. Але в останні роки характерними стають часті відлиги з інтенсивним розвитком тало-дощового стоку.

Річка Прут замерзає щорічно, але льодовий покрив характеризується нестабільністю і неодноразово руйнується та встановлюється. В кінці грудня – на початку січня встановлюється льодостав, період якого в середньому дорівнює 50 діб. Середня товщина льоду 10 – 20 см. Максимальної потужності лід досягає в кінці лютого; в цей час товщина льоду складає 30 – 40 см, а в найбільш суворі зими 60 – 70 см та навіть 80 см. Скресання починається в кінці лютого – на початку березня. Нерідко лід тане на місці. Весняний льодохід в середньому продовжується 6 – 8 днів.

Основні притоки р. Прут це:

- праві: річки Лючка, Пістинка, Рибниця, Черемош (найбільша притока довжиною 800 км і площею водозбору 1 500 км²), Дерелуй, Башеу, Жижія, Еланулуй.
- ліві: річки Чорнява, Белелуя, Совиця, Старий Кордон, Рингач, Черлена, Вілія, Лопатинка, Раковець, Чугур, Кам'янка, Гирламаре, Делія, Нирнова, Гура-Лапушна, Сарата, Тігеч.[15,7]

Щодо гідрологічної вивченості, то дослідження гідрологічних характеристик р. Прут розпочалися ще в XIX столітті, проте систематичні спостереження та наукові дослідження проводяться з середини XX століття. Основні аспекти гідрологічних досліджень включають аналіз водного режиму, вивчення паводків і повеней, а також дослідження якості води.[23]

Перші гідрологічні станції були засновані в 1880-х роках. З того часу було проведено безліч досліджень, що охоплюють різні аспекти гідрології річки, такі як дослідження сезонних та річних коливань рівня води, стоку та швидкості течії; дослідження хімічного складу води, включаючи розчинені солі, мікроелементи та забруднювачі; дослідження русла річки, заплави та донних відкладів; дослідження руху води в річищі; розробка методів прогнозування паводків, повеней та інших гідрологічних явищ.

Річка Прут та її басейн є важливим водним ресурсом для України, Румунії та Молдови. Гідрологічні дослідження річки мають велике значення для розуміння її режиму, прогнозування гідрологічних явищ, раціонального використання водних ресурсів та захисту навколишнього середовища.

На річці Прут розташовані 5 гідрометричних постів: Ворохта, Татарів, Яремче, Коломия та Чернівці. В теперішній час діючими гідрологічними постами ГП-1 є:

- Прут – Татарів, розташований на відстані 932 км від гирла, з площею водозбору 366 км²;
- Прут – Яремче, на відстані 914 км від гирла, з площею водозбору 597 км²;

- Прут – Чернівці, на відстані 772 км від гирла, з площею водозбору 6890 км².

Оскільки для розробки методики прогнозування стоку води на ділянці р. Прут за методом відповідних рівнів обрано гідрологічні пости Яремче та Чернівці в таблиці 2.1 подано основні гідрографічні та морфометричні характеристики в створах цих постів.[20]

Таблиця 2.1

**Гідрографічні та морфометричні характеристики в створах
гідрологічних постів р. Прут**

Річка	Пост	Відстань від витоку, км	Площа водозбору, км ²	Похил річки, ‰	Середня висота водозабору, м
Прут	м. Яремче	54	597	21,8	990
Прут	м. Чернівці	196	6890	7,8	450

Середня річна багаторічна витрата води у створі гідропоста Яремче складає 12,4 м³/с , а гідропоста Чернівці 71,7 м³/с.[20]

3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУ СТОКУ ВОДИ ЗА МЕТОДОМ ВІДПОВІДНИХ РІВНІВ ТА РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗІВ ВИТРАТ ВОДИ НА ДІЛЯНЦІ Р. ПРУТ (ВІД СМС ЯРЕМЧЕ ДО М. ЧЕРНІВЦІ)

3.1 Загальні відомості про гідрологічні прогнози та їх завчасність

Головне завдання гідрологічного прогнозування, як розділу прикладної гідрології, полягає в розробці та опрацюванні методів і методик передбачення можливих в близькому майбутньому рівнів і витрат води річок, льодових явищ тощо.

Метод гідрологічного прогнозу – це загальний науково обґрунтований підхід до передбачення певного гідрологічного явища.

Методика гідрологічного прогнозу – це безпосередній засіб передбачення, що розроблений для конкретного водного об'єкту на підставі загального методу.

Існує декілька класифікацій гідрологічних прогнозів: за завчасністю; за явищами, які передбачаються; за закономірностями, на основі яких складаються прогнози.

Завчасність прогнозу – це проміжок часу між строком (датою) складання прогнозу та строком (датою) здійснення передбачуваного явища.

Тому за завчасністю виділяють наступні прогнози:

- 1) довготермінові – з завчасністю > 10 діб;
- 2) середньої завчасності – з завчасністю від 2 до 10 діб;
- 3) короткотермінові – з завчасністю < 2 діб;
- 4) екстрені повідомлення – завчасність години (тобто, попередження про небезпеку майже в умовах реального часу).

За явищами, які передбачаються, прогнози можна поділити на дві великі групи:

а) прогнозі водного режиму, до яких належать: прогнози об'єму стоку води, середніх витрат за певні періоди (сезони), екстремальних значень витрат/рівнів води; прогнози перебігу стоку, тобто послідовності зміни витрат/рівнів води на період завчасності через певні часові проміжки;

б) прогнози льодових явищ.

За закономірностями, на основі яких складається прогнози, можна виділити наступні види:

а) прогнози, які ґрунтуються на закономірностях процесів, що відбуваються у русловій мережі (наприклад, прогнози за відповідними рівнями води, за запасами води в річковій мережі тощо);

б) прогнози, які ґрунтуються на закономірностях процесів, що відбуваються на території басейну (наприклад, прогнози весняного стоку за накопиченими взимку запасами води у сніговому покриві, прогнози дощових паводків за попередніми опадами та вологості ґрунту тощо);

в) прогнози, які ґрунтуються на закономірностях атмосферної циркуляції (наприклад, прогнози льодових явищ).[11,12]

3.2 Теоретичні основи прогнозу стоку води за методом відповідних рівнів води на ділянці річки та порядок розробки методики прогнозування

Згідно з вищевикладеним до основного завдання курсової роботи необхідно розробити методику прогнозування рівнів/витрат води, який базується на вивченні закономірностей процесів, що відбуваються у русловій мережі річки Прут на ділянці від м. Яремче до м. Чернівці

У методі відповідних рівнів (витрат) води закономірності руху паводкової хвилі відображаються в найбільш простій формі.

Основний зміст методу (а в подальшому розробка методики прогнозування для р. Прут) полягає в становленні емпіричних зв'язків між відповідними рівнями (витратами) води у верхньому та нижньому створах. Сам прогноз за цим методом полягає в тому, що при наявності інформації про рівні і витрати води у вище розташованих створах можна передбачити з певною завчасністю їх значення у нижньому створі.

Завчасність таких прогнозів визначається як різниця між строками настання відповідних рівнів чи витрат води у верхньому та нижньому створах, яку називають часом руслового добігання.

Відповідними рівнями (витратами) води вважаються рівні (витрати) однієї і тієї ж фази паводку на верхньому і нижньому створах ділянки річки (піки, зниження, рівні на підйомі і спаді, тощо). Даний метод прогнозу є наближеним. Основне його припущення полягає в наявності однозначної залежності часу добігання від рівня (витрати) води у верхньому створі. Метод відповідних рівнів (витрат) можна застосувати, коли немає підстав очікувати помітної трансформації паводкової хвилі.

Довжина паводкових хвиль дуже велика. Так, навіть дуже приблизні підрахунки показують, що для середніх і великих річок вона становить від кількох сотень до кількох тисяч кілометрів. У той же час висота паводків (а тим більше дощових паводків) зазвичай не перевищує кількох метрів. Внаслідок цього значення додаткового ухилу водної поверхні незрівнянно менше її ухилу при сталому режимі i_0 . Зневажаючи малі і інерційні члени (друга і третя складові правої частини рівняння руху). Таким чином, наближений розрахунок руху паводку можна виконати, взявши за основу рівняння нерозривності та рівняння руху, що описується формулою $Q = \omega C \sqrt{RI}$. В цьому випадку

$$\begin{cases} \frac{d\omega}{dt} + \frac{dQ}{dl} = q \\ \omega = f(Q). \end{cases} \quad (3.1)$$

Продиференціювавши друге рівняння системи (3.1) по часу

$$\frac{d\omega}{dt} = \left(\frac{d\omega}{dQ}\right) \frac{dQ}{dt} \quad (3.2)$$

і підставивши його в рівняння нерозривності, отримаємо

$$\left(\frac{d\omega}{dQ}\right) \frac{dQ}{dt} + \frac{dQ}{dt} = q. \quad (3.3)$$

Рівняння (3.3) є лінійним рівнянням першого порядку і вирішується, наприклад, методом характеристик. Тоді отримаємо:

$$\frac{dt}{\left(\frac{d\omega}{dQ}\right)} = \frac{dl}{1} = \frac{dQ}{q}. \quad (3.4)$$

Подальший хід рішення спрощується, якщо прийняти, що інтенсивність бічного притоку за час проходження паводку змінюється досить повільно. Тоді можна вважати, що величина q є лише функцією відстані l .

У підсумку приходимо до рівняння

$$Q_{н,t} = Q_{в,t-\tau} + \int_0^l q dl, \quad (3.5)$$

яке і є основним рівнянням методу відповідних рівнів (витрат) води.

З (3.4) маємо

$$dQ = q dl. \quad (3.6)$$

Зрозуміло, що витрата води в будь-якому створі потоку річки є функцією координат створу l та часу t , тобто

$$Q = f(l, t). \quad (3.7)$$

Продифференціювавши (3.7), отримаємо

$$dQ = \frac{dQ}{dl} dl + \frac{dQ}{dt} dt. \quad (3.8)$$

Підставивши (3.8) в (3.7) з врахуванням (3.3), маємо

$$qdl = \left[q - \left(\frac{d\omega}{dQ} \right) \frac{dQ}{dt} \right] dl + \frac{dQ}{dt} dt \quad (3.9)$$

А після перетворень

$$\frac{d\omega}{dQ} \frac{dl}{dt} = 1. \quad (3.10)$$

Взявши до уваги, що $\frac{dl}{dt}$ – швидкість переміщення розглянутої витрати води – v_Q – (швидкість руху паводка), отримаємо

$$\frac{d\omega}{dQ} = \frac{1}{v_Q}, \quad (3.11)$$

Перемножуючи обидві частини на dl ,

$$\frac{d\omega}{dQ} dl = \frac{dl}{v_Q} = d\tau. \quad (3.12)$$

Таким чином з (3.12) виходить, що

$$\tau = \int_0^l d\tau = \int_0^l \frac{d\omega}{dQ} dl \quad (3.13)$$

або, записуючи в кінцевих відмінностях,

$$\tau = \sum_{1-l}^n \frac{\Delta\omega}{\Delta Q} \Delta l = \frac{\Delta W}{\Delta Q}, \quad (3.14)$$

де ΔW – зміна об'єму води на ділянці l при зміні середньої витрати на ΔQ .

Визначення часу добігання τ по (3.14) не представляє особливих труднощів, коли є криві об'ємів. Існує і цілий ряд інших способів, про які буде сказано далі. Зупинимось на співвідношенні між швидкістю добігання витрати v_Q (швидкістю руху паводка) і швидкістю течії води v . Якщо взяти до уваги, що в кожному створі є однозначний зв'язок між витратою води Q і площею живого перерізу ω , часткову похідну в (3.11) можна замінити повної, тоді отримаємо, що

$$v_Q = \frac{dQ}{d\omega}. \quad (3.15)$$

Оскільки для будь-якого поперечного перерізу

$$Q = v\omega, \quad (3.16)$$

То після диференціювання і ділення на $d\omega$ отримаємо

$$\frac{dQ}{d\omega} = v + \omega \frac{dv}{d\omega}. \quad (3.17)$$

або

$$v_Q = v + \omega \frac{dv}{d\omega}. \quad (3.18)$$

Вважаючи, що пересування паводку – повільно змінюється несталий рух, для вираження середньої швидкості течії можна використовувати формулу Шезі-Манінга:

$$v = \frac{1}{n} h_{cp}^{-1/3} i^{1/2} dn. \quad (3.19)$$

Виразимо характер зв'язку між шириною річки B її глибиною h параболою $B = ch^m$, тоді запишемо

$$\omega = ch^{m+1}, \quad (3.20)$$

де c і m – постійні коефіцієнти.

Диференціюючи (3.20), маємо

$$d\omega = c(m+1)h^m dh. \quad (3.21)$$

Після підставлення (3.19) і (3.21) в (3.18) отримаємо кінцевий вираз для швидкості руху паводку

$$v_Q = v \left(1 + \frac{0,67}{m+1} \right). \quad (3.22)$$

З (3.22) видно, що при будь-якій формі русла $v_Q > v$ (оскільки завжди $m > 0$). Однак це справедливо при постійних ухилі потоку і коефіцієнті шорсткості.

У природних умовах рідко буває, щоб при коливаннях витрат ці характеристики залишалися незмінними. У такому випадку, при одній витраті може бути $\frac{dv}{d\omega} > 0$, а при іншому $\frac{dv}{d\omega} < 0$ і відповідно $v_Q > v$ і $v_Q < v$.

Аналіз фактичних даних по 47 ділянкам річок показує, що відношення $\frac{v_Q}{v}$ коливається від 0,4 до 2,2 і в середньому становить приблизно одиницю. Для ділянок великих річок діапазон зміни цього відношення звужується і становить 0,70 - 1,25. Таким чином, з певним припущенням (часто цілком прийнятним для цілей розрахунків і прогнозів) можна вважати, що середня швидкість течії потоку дорівнює швидкості руху паводку [6].

Час добігання τ на ділянці річки залежить від ступеня наповнення русла, ємності заплави, довжини ділянки, форми і шорсткості русла і заплави, ухилу водної поверхні тощо

$$\tau = f(H, i, l, J, K_1, K_2, n_1, n_2 \dots), \quad (3.23)$$

де H - рівень води; i - ухил водної поверхні; l - довжина досліджуваної ділянки; J - характеристика заплави, наприклад відношення її ширини до ширини русла; K_1 і K_2 - характеристики форми поперечного перерізу русла і заплави; n_1 і n_2 - коефіцієнти шорсткості русла і заплави.

Для конкретної ділянки річки l і J постійні, а K_1 і K_2 , n_1 і n_2 пов'язані з рівнем; тому час добігання залежить головним чином від рівня і ухилу водної поверхні:

$$\tau = f(H, i). \quad (3.24)$$

На рівнинних річках зі значною заплавою в великому інтервалі коливань високих рівнів час добігання τ може виявитися майже постійним.

Визначення часу добігання хвилі паводку по характерних точках графіків коливань рівнів або витрат води на малопріточном ділянці річки зводиться до наступного:

1. Будуємо суміщений графік ходу рівнів води в верхньому і нижньому створах ділянки .

2. На графіку відзначаємо характерні точки - максимуми, мінімуми, точки перегину і тривалого стояння приблизно однакового рівня води. За виділеним точкам знаходимо час пробігу води між постами при різних відповідних рівнях. Результати заносимо в таблицю.

3. Визначення часу добігання виконуємо по ділянках гідрографа з найкращим відповідністю ходу рівня на обох постах.

При вибірці відповідних рівнів води мінімуми приймаються до уваги тільки тоді, коли подальший підйом обумовлюється паводком, цілком сформованим вище верхнього створу. Для вибраної ділянки ця вимога виконується, оскільки дністровські паводки формуються головним чином в Карпатах.[16,17]

4. За даними заповненої таблиці будуємо графік залежності часу добігання від рівня води. Для прогнозів рівень води краще брати по верхньому посту. Для побудови графіка зазвичай вибираються дані за ряд років.

Розробка будь-якої методики прогнозування на основі конкретно обраного методу відбувається ***за певною схемою***, яка складається з наступних етапів:

- збір, обробка, аналіз за певною системою, яка передбачена методом, конкретних необхідних гідрологічних та метеорологічних даних спостережень;
- встановлення числових значень параметрів або графічних залежностей між стоком та факторами, що його обумовлюють на період завчасності прогнозу;
- розрахунок допустимих похибок прогнозу;

- оцінювання точності встановлених залежностей та ефективності отриманої методики;
- складання технічної записки або методичних рекомендацій, де викладається суть методики, головні отримані залежності, використовуючи які безпосередньо складається прогноз та оцінюється точність прогнозування за цією методикою.[11,12]

3.3 Вихідні дані для розробки методики прогнозування стоку води на ділянці р. Прут – м Яремче м. Чернівці за методом відповідних рівнів

Для дослідження та розробки методики прогнозування стоку води за методом відповідних рівнів була вибрана ділянка річки Прут з гідрологічними постами: р. Прут – м Яремче та р. Прут –м. Чернівці (рис. 3.1).

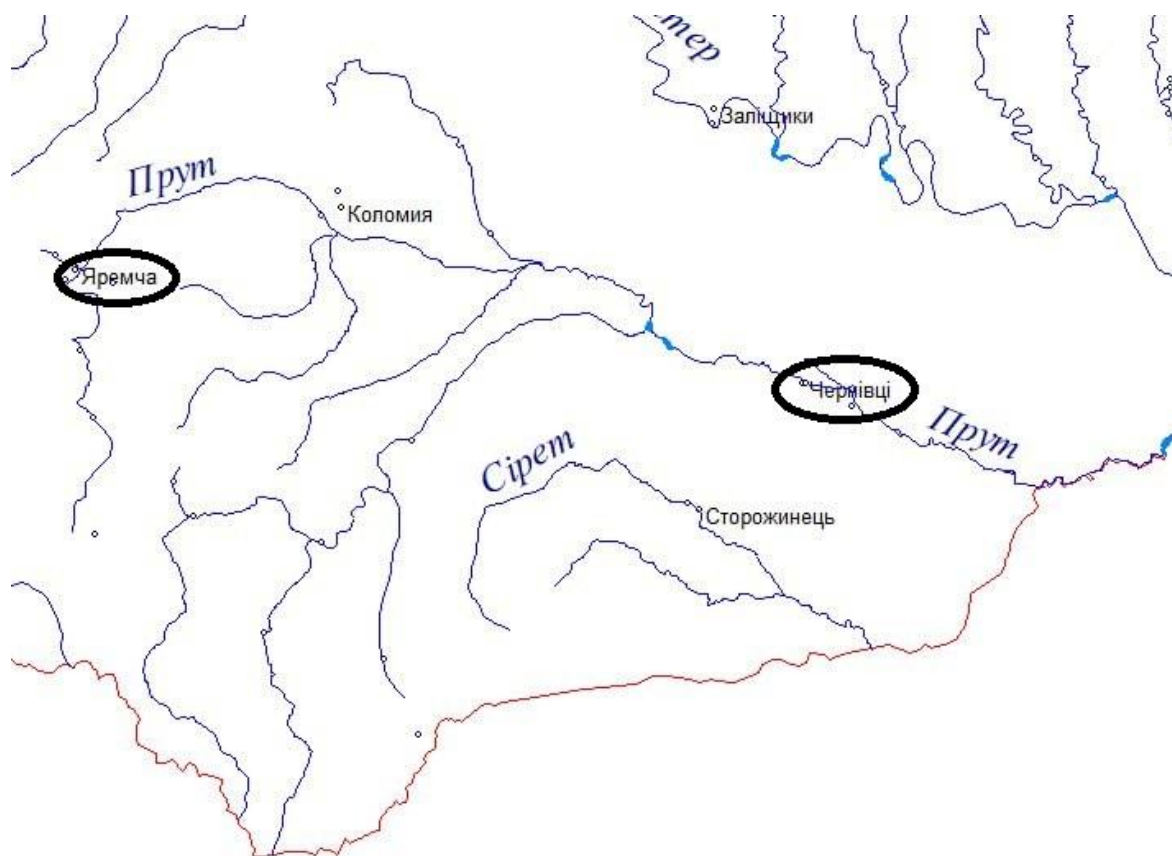


Рис.3.1. Гідрологічні пости на річці Прут

Для розробки методики прогнозування та подальшого аналізу отриманих результатів необхідно проаналізувати гідрографічні характеристики річки та її басейну у досліджуваних гідрологічних створах. З таблиці 2.1 можна сказати, що досліджувана частина р. Прут - це в основному передгірська її ділянка. Так, середня висота водозабору р. Прут біля Чернівців становить 450 м, а похил річки – 7,8 ‰. Відстань між досліджуваними гідрологічними постами (Яремче—Чернівці становить 142 км.

Для розробки методики прогнозування паводкових витрат води теплового періоду року на ділянці р. Прут за методом відповідних рівнів були використані дані про середньодобові та частково про строкові витрати води на зазначених гідрологічних постах за період з 1964 по 2010 роки.[20]

3.4 Прогнозні залежності відповідних витрат води та часу руслового добігання на ділянці р. Прут – смт Яремче- м. Чернівці, їх аналіз

Виходячи з вищезазначеного у підрозділі 3.2, головним завданням методу відповідних рівнів води та розробки методики прогнозування витрат води на ділянці – це встановлення двох прогнозних залежностей, які мають такий загальний вигляд:

$$I. \quad Q_{H,t+\tau} = f(Q_{B,t}), \quad (3.25)$$

$$II. \quad \tau = f(Q_{B,t}). \quad (3.26)$$

За допомогою таких залежностей (3.25) та (3.26) можна вирішити основне завдання прогнозної методики – передбачити витрату води, яка очікується в час $(t+\tau)$ у нижньому створі в залежності від витрати води у верхньому створі в час

t за I залежністю (3.25) та через який час τ така витрата в нижньому створі очікується за II залежністю (3.26).

Визначення відповідних значень витрат води. Один з методів визначення відповідних рівнів/витрат води на ділянці (ділянках) – це побудова суміщеного графіка ходу витрат води в створах річки досліджуваної ділянки. Приклад такого графіка за 1972 р. для гідрологічних постів р. Прут – м Яремче та м. Чернівці подано на рис. 3.2. Суміщені графіки ходу витрат води за інші роки (за 1964, 1969, 1972, 1974, 1979, 1980, 1998, 2008, 2010 рр..) подано в ДОДАТКУ А.

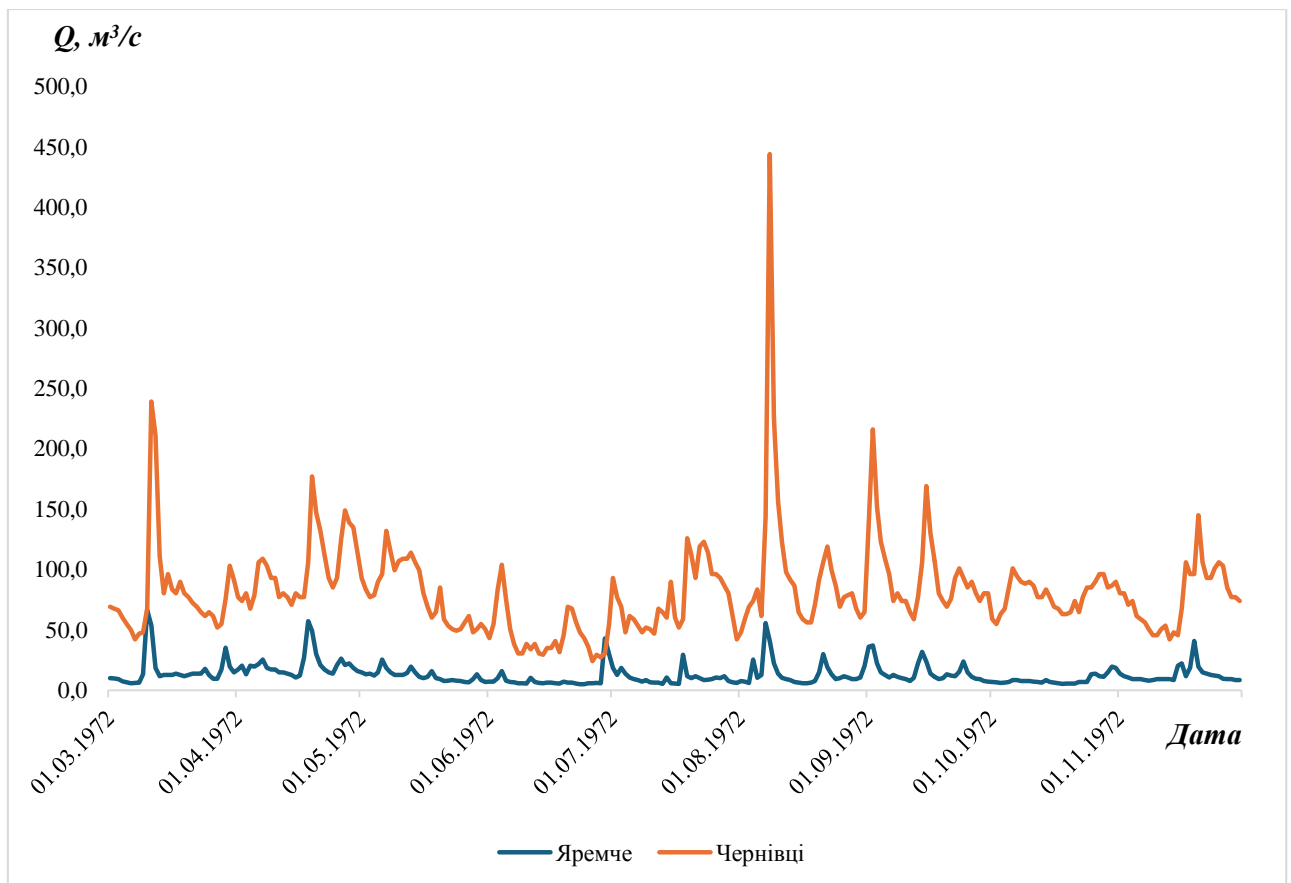


Рис 3.2 – Суміщені коливання витрат води на досліджуваних постах р. Прут за теплий період 1972 р.

Відповідними є характерні точки на суміщених графіках – це максимуми, мінімуми, точки згину та тривалого стояння приблизно однакових витрат води, які спостерігаються на верхньому та нижньому посту через деякий проміжок

часу. При аналізі суміщених графіків (рис. 3.2 та ДОДАТОК А (рис. А.1-А.8) були виділені характерні точки значень витрат води, які є відповідними. Приклад такої процедури показано в таблиці 3.1, де подано відповідні витрати води на ділянці р. Прут (Яремче – Чернівці) та час їх настання. Вихідні дані про відповідні витрати води та час їх настання за інші роки подано у таблицях ДОДАТКУ А (табл. А.1-А.8).

Таблиця 3.1 - Відповідні витрати води на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці та час їх настання, 1972 р.

№ з/п	Р.Прут-Яремче (верхній пост)		Р.Прут-Чернівці (нижній пост)	
	Qв.(Яремче), м3/с	Дата	Qн.(Чернівці), м3/с	Дата
1	66,2	10.03.1972	239	11.03.1972
2	17,8	25.03.1972	64,6	26.03.1972
3	35,2	29.03.1972	103	30.03.1972
4	20,4	02.04.1972	80,2	03.04.1972
5	25,4	07.04.1972	109	07.04.1972
6	57,2	18.04.1972	177	19.04.1972
7	26,2	26.04.1972	149	27.04.1972
8	25,4	06.05.1972	132	07.05.1972
9	19,7	13.05.1972	114	13.05.1972
10	15,8	18.05.1972	85	20.05.1972
11	13,2	29.05.1972	54,8	30.05.1972
12	15,8	04.06.1972	104	04.06.1972
13	10,3	11.06.1972	38,4	12.06.1972
14	42,8	29.06.1972	93	01.07.1972
15	10,7	14.07.1972	89,8	15.07.1972
16	29,4	18.07.1972	126	19.07.1972
17	25,4	04.08.1972	83,4	05.08.1972
18	55,6	07.08.1972	444	08.08.1972
19	30	21.08.1972	119	22.08.1972
20	37	02.09.1972	216	02.09.1972
21	12,7	07.09.1972	80,2	08.09.1972
22	31,7	14.09.1972	169	15.09.1972
23	23,8	24.09.1972	89,8	26.09.1972
24	22,3	16.11.1972	106	17.11.1972

Визначення часу руслового добігання на ділянці річки. Другим основним пунктом розробки методики прогнозування за методом відповідних рівнів води є визначення часу руслового добігання на досліджуваній ділянці.

В нашому випадку, проаналізувавши раніше визначені відповідні витрати води та час їх настання (табл. 3.1, Додаток А – табл. А1-А8, можна зробити висновок, що руслове добігання паводкових хвиль, особливо, з високими витратами води паводків у теплий період року на ділянці досліджуваної річки відбувається дуже швидко. Це можна прослідкувати і за суміщеними графіками коливання витрат води : максимумами високих паводків на верхньому (Яремче) та нижньому (Чернівці) постах проходять в один день.[18]

Враховуючи це, для отримання графіку часу руслового добігання води на досліджуваній річкової ділянці Яремче – Чернівці, був застосований підхід, який дав можливість виділити діапазони витрат води на верхньому створі (Яремче), які добігають до нижнього створу (Чернівці) за певну кількість годин. Для цього були використана інформація про виміряні витрати води (з гідрологічних щорічників), де є дані про виміряні витрати води та відповідно до них виміряні швидкості течії в верхньому та нижньому створах, за якими були побудовані графіки зв'язку окремо по постах Яремче та Чернівці між витратами води у вищезазначених створах та відповідними швидкостями течії (ДОДАТОК Б, рис.Б.1).

Аналізуючи ці залежності (ДОДАТОК Б, рис.Б.1). були визначені спочатку середні швидкості течії води на ділянці (як середнє арифметичне зі швидкостей на верхньому та нижньому створах) в залежності від значень витрат води та знаючи відстань між верхнім та нижнім створами (між постами Яремче та Чернівці відстань складає 142 км), визначили час руслового добігання певних діапазонів витрат води від верхнього створу ділянки до нижнього. Всі розрахунки часу руслового добігання в годинах надано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок часу руслового добігання в годинах на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці

(відстань між постами Яремче та Чернівці складає 142 км)

Пост Яремче		Пост Чернівці		Середня швидкість течії між Яремче та Чернівцями, м/с	Середня швидкість течії між Яремче та Чернівцями, км/год	Середній час добігання витрати води р.Прут на ділянці Яремче – Чернівці ГОДИНИ
Діапазон витрат води	Швидкість м/с (за рис. Б.1 Додаток Б)	витрата Чернівців відповідно Яремче	Швидкість м/с (за рис. Б.1 Додаток Б)			
50	1,20	252	0,95	1,07	3,87	36,7
100	1,73	435	1,14	1,44	5,17	27,5
150	2,15	617	1,27	1,71	6,15	23,1
200	2,51	800	1,37	1,94	6,97	20,4
300	3,11	1165	1,52	2,32	8,34	17,0
400	3,62	1530	1,64	2,63	9,48	15,0
450	3,86	1712	1,69	2,78	9,99	14,2
500	4,08	1895	1,74	2,91	10,48	13,6
600	4,49	2260	1,83	3,16	11,38	12,5
700	4,88	2625	1,90	3,39	12,21	11,6
800	5,24	2990	1,97	3,60	12,97	10,9
900	5,58	3355	2,03	3,80	13,69	10,4
1000	5,90	3720	2,09	3,99	14,38	9,9
1100	6,20	4085	2,14	4,17	15,02	9,5
1200	6,50	4451	2,19	4,34	15,64	9,1
1300	6,78	4816	2,24	4,51	16,23	8,7
1400	7,05	5181	2,28	4,67	16,80	8,5
1500	7,31	5546	2,33	4,82	17,35	8,2

Побудова прогностичних залежностей та їх аналіз. Як вже зазначалося, основне завдання при розробці методики прогнозування витрат води за методом відповідних рівнів (витрат) на ділянці річки полягає у встановленні емпіричних зв'язків між відповідними рівнями (витратами) води у верхньому Q_B та

нижньому створах Q_H (залежність 3.25). При цьому завчасність прогнозу визначається часом добігання паводкової хвилі на ділянці τ (залежність 3.26).

За підготовленими вихідними даними (ДОДАТОК А, табл. А.1-А.8 та табл.. 3.1) були встановлена прогнозна залежність, яка необхідна для прогнозування витрат води: залежність між відповідними витратами верхнього створу Q_Y (Яремча) та нижнього створу Q_C (Чернівці) на ділянці р. Прут. На графік були нанесені всі відповідні точки-координати за всі взяті для дослідження роки за період з 1964 по 2010 р. Побудовані залежності між відповідними витратами води на досліджуваних ділянках подано на рис. 3.3.

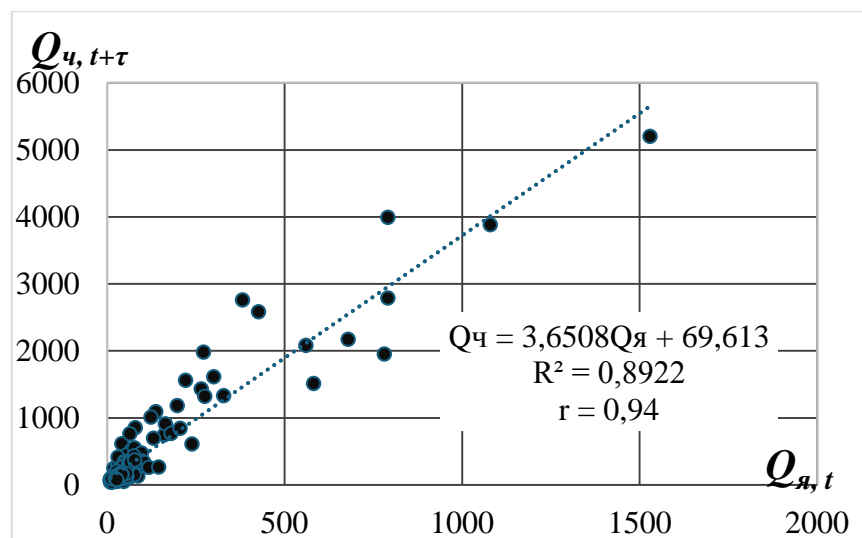


Рис 3.3 – Графік залежності між відповідними витратами води на ділянці річки р. Прут (Яремча – Чернівці) $Q_C=f(Q_Y)$

Аналізуючи апроксимацію отриманої залежності ($R=0.89$), можна констатувати, що між відповідними витратами води на ділянці Яремча – Чернівці існує тісний зв'язок. При цьому коефіцієнт кореляції дорівнює $r=0,94$, що вважається добрим зв'язком (рис.3.3).

Рівняння регресії, яке можна вважати прогнозним щодо відповідних витрат води для обраної ділянки можна представити наступним чином:

$$Q_C(t+\tau) = 3,6508Q_Y(t) + 69,613. \quad (3.27)$$

де $Q_{ч}(t+\tau)$ – прогнозована витрата води в створі Чернівці в час $(t+\tau)$, $Q_{я}(t)$ – витрата води в створі Яремча в час t .

Щодо часу руслового добігання, то при прогнозуванні за методом відповідних рівнів води на досліджуваній ділянці р. Прут можна користуватися даними таблиці 3.2 або графіком часу добігання в залежності від витрати води у верхньому створі, що будується за даними табл. 3.2. та який подано на рис. 3.4,

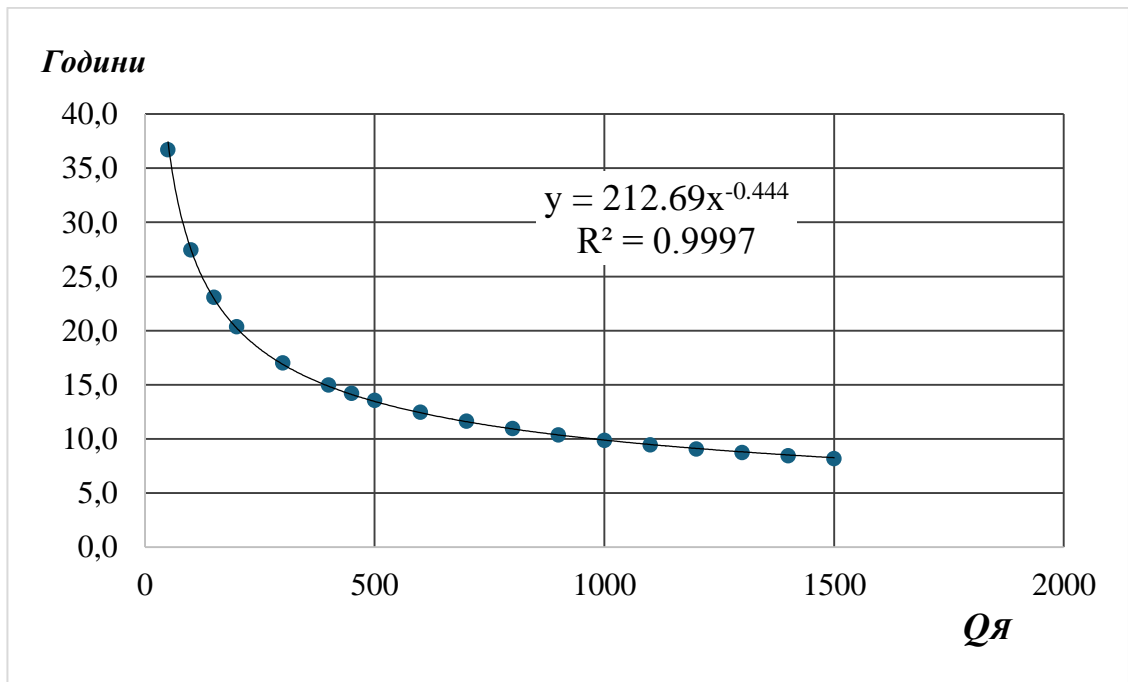


Рис. 3.4 Графік часу руслового добігання (в годинах) на ділянці р. Прут між Яремче – Чернівці $\tau=f(Q_{я})$

Аналізуючи рис. 3.4, прогнозне рівняння щодо часу ріслового добігання на досліджуваній річкової ділянці від залежності від витрати води в верхньому створі Яремче можна записати наступним чином:

$$\tau = 212.69 Q_{я}(t)^{-0.444} \quad (3.28)$$

де τ – прогнозований час руслового добігання у годинах на ділянці р. Прут між Яремче – Чернівці.

3.5 Допустимі похибки прогнозу витрат води

При розробці методики прогнозування та при складанні самого прогнозу важливим пунктом є розрахунок допустимих похибок.

Передбачення величини та часу настання певного гідрологічного явища майже завжди будуть відрізнятися від дійсних (після проходження передбачуваного явища) на більшу чи меншу величину. Тобто, майже кожний прогноз має деяку похибку.

Справджуваність гідрологічних прогнозів встановлюється співставленням похибок прогнозів з допустимим її значенням. Прогноз вважається таким, що справдився, якщо його похибка менша або дорівнює допустимій.

Поняття допустимої похибки є досить умовними: для порівняння оцінок різних методик прогнозів допустиму похибку визначають в залежності від змінності прогнозованого явища .

Основною статистичною мірою мінливості випадкової змінної величини є її середнє квадратичне відхилення від норми. Тому статистично буде цілком обґрунтованим приймати за допустиму похибку прогнозу ймовірне відхилення значень прогнозованої величини гідрологічного режиму від середнього протягом періоду завчасності прогнозу:

$$\delta_{don} = 0,674\bar{\sigma}, \quad (3.29)$$

де $\bar{\sigma}$ – середнє квадратичне відхилення значень прогнозованої величини гідрологічного режиму від середнього (стандартне відхилення):

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}, \quad (3.30)$$

де y_i – значення величини, що прогнозується; \bar{y} – середнє значення; n – кількість членів ряду.

У випадках, коли прогнозується зміна будь-якої величини за період завчасності прогнозу, допустима похибка визначається за формулою:

$$\delta_{\text{дон}} = \pm 0,674 \bar{\sigma}_{\Delta}, \quad (3.31)$$

де $\bar{\sigma}_{\Delta}$ - середнє квадратичне відхилення зміни прогнозованої величини за період завчасності прогнозу від середнього значення цієї зміни.

$$\bar{\sigma}_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n}}, \quad (3.32)$$

де Δ_i – зміна передбачуваної змінної за період завчасності прогнозу (різниця між початковим і кінцевим значенням); $\bar{\Delta}$ - середнє значення цих змін.

Треба зауважити. Як показав аналіз вихідних даних та розрахунки змін витрат води на період завчасності прогнозів на підйомі та на спаді паводкових хвиль на досліджуваній ділянці р. Прут вони коливаються дуже у великих межах.

Наприклад, у 1969 р. збільшення витрат води за добу у Чернівцях склало 2461 м³/с (08.06 становила 325 м³/с, а 09.06 - 2786 м³/с), зменшення – 1222 м³/с (відповідно 10.06 - 1564 м³/с). А в 2010 році збільшення витрат води за добу у Чернівцях склало 771 м³/с (08.07 становила 549 м³/с, а 09.07 - 1320 м³/с), зменшення – 1030 м³/с (відповідно 10.07 - 290 м³/с). В 1980 році збільшення витрат води за добу у Чернівцях склало 484 м³/с (06.06 становила 606 м³/с, а 07.06 - 1090 м³/с), зменшення – 520 м³/с (відповідно 07.06 - 570 м³/с).

Такі міждобові амплітуди змінювання витрат води в створах річки не дають змогу користуватися традиційними підходами розрахунку допустимих похибок прогнозу, що представлено формулами (3.31) та (3.32). За цими формулами вони будуть мати завеликі значення, щодо оцінки незначної прогнозованої зміни витрат води на період завчасності та замалі при оцінці значної зміни. У нашому

випадку допустимі похибки прогнозу повинні збільшуватися зі збільшенням інтенсивності підйому чи спаду паводку.

Тому при перевірочних прогнозах для оцінки їхньої справджуваності за розробленою методикою значення допустимих похибок розраховувалися в залежності від абсолютного значення спрогнозованої витрати води в нижньому створі ділянки за співвідношенням

$$\delta_{\Delta Q} = 0,20 Q_{\text{прог}} \quad (3.33)$$

Тоді оцінку якості розроблених методик проводять за показником ймовірності неперевищення допустимої похибки P (%):

$$P = \frac{m}{n} \cdot 100\% , \quad (3.34)$$

де n – загальна кількість складених прогнозів; m – кількість прогнозів, які справдилися. Їх кількість визначається порівнянням відхилення прогнозного значення від фактичного та співставленням його з допустимими похибками прогнозу. Якщо відхилення знаходиться в межах допустимої похибки, то прогноз вважається справдженим.

При $P > 82\%$ – методика прогнозування вважається доброю; при P у межах $81 \div 60\%$ – задовільною; при $P < 60\%$ – методика не може бути застосована на практиці.

4. ПЕРЕВІРОЧНІ ПРОГНОЗИ ТА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗІВ

Для перевірки, як працює методика прогнозу, за розробленою в межах даного курсового дослідження методикою прогнозування витрат води в теплий період року на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівців за методом відповідних рівнів були складені перевірочні прогнози за наступною схемою:

1) За даними про витрати води верхнього поста річкової ділянки (Яремче) та користуючись розрахованими прогнозними рівняннями відповідних витрат води для цієї ділянки – формула (3.27), отримали прогнозні значення витрат води в нижньому створі (Чернівці);

2) Час добігання у годинах на досліджуваній ділянці Яремче-Чернівці визначаємо за формулою (3.28), який при даних прогнозах визначається як його завчасність;

3) Враховуючи допустимі похибки прогнозування, як 20 % від витрат води, отриманих за прогнозними рівняннями, визначаємо межі прогнозованих значень витрат води.

4) Проводимо оцінку розробленої методики через показник ймовірності неперевищення допустимої похибки $P\%$ за формулою (3.34).

Перевірочні прогнози витрат води на ділянці р. Прут – від Яремче до Чернівців за методом відповідних рівнів води за вищезазначеною схемою представлено в табл. 4.1.

Всього для перевірки розробленої методики прогнозування було складено 70 прогнозів за даними попередніх років. Якщо значення фактичної витрати води р. Прут – Чернівці попадає в проміжок зі встановленими верхніми і нижніми межами передбачуваних значень витрат води (тобто з врахуванням допустимої похибки), то перевірочний прогноз вважається таким, що справдився (табл. 4.1, + - прогноз справдився, -- прогноз не справдився).

Таблиця 4.1 Перевірочні прогнози витрат води на ділянці р. Прут – від Яремче до Чернівців за методом відповідних рівнів води

№	дата	Фактич- на витрата (верхній пост), м ³ /с	Фактич- на витрата (нижній пост), м ³ /с	Прогноз витрати води (м ³ /с)	Прогноз витрати води (м ³ /с) з врахуванням допустимої похибки		Час добігання на ділянці з верхнього поста до нижнього	Справджуваність
		Яремче	Чернівці	Чернівці	нижня межа	верхня межа	в годинах	
		1	30.03.1964	66.4	519	312	250	
2	15.04.1964	38.1	169	209	167	250	41.0	+
3	26.04.1964	39.6	186	214	171	257	40.4	+
4	02.05.1964	29.9	143	179	143	215	45.3	+
5	16.05.1964	65	264	307	246	368	32.9	+
6	03.07.1964	329	1329	1271	1017	1525	16.3	+
7	17.07.1964	28.3	122	173	138	208	46.3	-
8	26.07.1964	51.7	225	258	207	310	36.2	+
9	25.09.1964	162	749	661	529	793	22.3	+
10	26.11.1964	21.6	156	148	119	178	51.6	+
11	13.04.1969	41.2	211	220	176	264	39.8	+
12	24.04.1969	57.5	264	280	224	335	34.6	+
13	08.06.1969	792	2786	2961	2369	3553	11.0	+
14	10.03.1972	66.2	239	311	249	374	32.7	-
15	26.04.1972	26.2	149	165	132	198	47.8	+
16	06.05.1972	25.4	132	162	130	195	48.4	+
17	13.05.1972	19.7	114	142	113	170	53.5	+
18	04.06.1972	15.8	104	127	102	153	58.4	+
19	14.07.1972	10.7	89.8	109	87	130	68.0	+
20	18.07.1972	29.4	126	177	142	212	45.6	-
21	02.09.1972	37	216	205	164	246	41.5	+
22	14.09.1972	31.7	169	185	148	222	44.2	+
23	24.05.1974	50.3	171	253	203	304	36.6	-
24	12.06.1974	181	764	730	584	876	21.3	+
25	22.07.1974	427	2580	1629	1303	1954	14.6	-
26	16.04.1979	29.9	198	179	143	215	45.3	+
27	23.06.1979	24.8	155	160	128	192	48.8	+
28	05.07.1979	66	283	311	248	373	32.7	+
29	14.08.1979	266	1430	1041	833	1249	18.0	-
30	23.10.1979	9.4	83.6	104	83	125	71.4	+
31	22.04.1980	89.7	447	397	318	477	28.7	+
32	07.05.1980	67.6	296	316	253	380	32.4	+
33	01.06.1980	49.4	347	250	200	300	36.9	-
34	10.06.1980	46.8	295	240	192	289	37.7	-
35	26.06.1980	31.8	192	186	149	223	44.2	+

Продовження табл. 4.1

№	дата	Фактична витрата (верхній пост), м ³ /с	Фактична витрата (нижній пост), м ³ /с	Прогноз витрати води (м ³ /с)	Прогноз витрати води (м ³ /с) з врахуванням допустимої похибки		Час добігання на ділянці з верхнього поста до нижнього	Справджуваність	
		Яремче	Чернівці	Чернівці	нижня межа	верхня межа	в годинах		
36	25.07.1980	97.4	476	425	340	510	27.8	+	
37	30.07.1980	104	339	449	359	539	27.0	-	
38	16.08.1980	132	696	552	441	662	24.4	-	
39	07.11.1980	24.3	173	158	127	190	49.2	+	
40	19.11.1980	34.2	204	194	156	233	42.9	+	
41	20.04.1998	62.5	277	298	238	357	33.5	+	
42	19.05.1998	222	1559	880	704	1056	19.5	-	
43	15.06.1998	46.6	238	240	192	288	37.8	+	
44	03.07.1998	52.3	343	261	208	313	36.0	-	
45	17.07.1998	39.4	264	213	171	256	40.5	-	
46	27.07.1998	23.4	139	155	124	186	50.0	+	
47	03.10.1998	23.4	81.6	155	124	186	50.0	-	
48	05.04.2008	78.1	287	355	284	426	30.5	+	
49	13.04.2008	73	206	336	269	403	31.4	-	
50	23.04.2008	43.7	264	229	183	275	38.8	+	
51	25.07.2008	382	2760	1464	1171	1757	15.3	-	
52	20.09.2008	27.8	201	171	137	205	46.6	+	
53	06.10.2008	62.5	341	298	238	357	33.5	+	
54	22.03.2010	35.1	164	198	158	237	42.4	+	
55	12.04.2010	28.2	134	173	138	207	46.4	-	
56	28.04.2010	12.9	95.6	117	93	140	63.2	+	
57	09.05.2010	13.8	87.6	120	96	144	61.6	-	
58	18.05.2010	61.3	280	293	235	352	33.7	+	
59	22.05.2010	66.6	327	313	250	375	32.6	+	
60	04.06.2010	66.6	338	313	250	375	32.6	+	
61	27.06.2010	206	844	822	657	986	20.1	+	
62	08.07.2010	276	1320	1077	862	1293	17.7	-	
63	27.07.2010	78.2	371	355	284	426	30.5	+	
		Строкові							
64	1964	680	2170	2552	2042	3063	11.8	+	
65	1965	301	1610	1169	935	1402	17.0	-	
66	1969	1530	5200	5655	4524	6786	8.1	+	
67	1974	1080	3880	4012	3210	4815	9.5	+	
68	1982	782	1950	2925	2340	3509	11.1	-	
69	2008	792	3990	2961	2369	3553	11.0	-	
70	2010	561	2080	2118	1694	2541	12.9	+	

Аналіз табл. 4.1, показав, що зі 70 складених перевірочних прогнозів, справдилися 47. Отже, показник ймовірності неперевищення допустимих похибок прогнозування $P\%$ для досліджуваної ділянки р. Прут дорівнює 67 %, тобто знаходиться в межах оцінки методик прогнозу $81 \div 60\%$, що відносить розроблену методику до категорії «задовільних».

ВИСНОВКИ

Мета та поставлені завдання кваліфікаційної роботи «Прогнозування паводкових витрат води теплого періоду року на ділянці р. Прут за методом відповідних» виконано. Підводячи підсумки дослідження, можна зробити наступні висновки.

1) Річка Прут бере початок на північних схилах хребта Чорногора в Українських Карпатах, протікає через Україну (Івано-Франківська і Чернівецька області) та на кордоні Молдови з Румунією, є лівою притокою Дунаю. Геологічна будова, рельєф, кліматичні мови української частини басейну р. Пруту впливають на формування стоку річки. Досліджувана ділянка (Яремча-Чернівці) - це в основному передгір'я зі середньою висотою водозабору біля Чернівців 450 м, а похил річки – 7,8 ‰. Клімат помірно-континентальний, з переважанням повітряних мас з Атлантичного океану. Щорічно випадає від 600 мм опадів на рівнинах до 1600 мм в горах. Для водного режиму р. Прут характерні весняне водопілля, нестійка літньо-осіння межень і паводки протягом більшої частини року. Найвищі річні витрати води за статистикою спостерігаються в теплий період під час дощових паводків та максимумами дощових паводків перевищують максимуми водопілля. Паводки в досліджуваному басейні іноді набувають катастрофічного характеру і потребують прогнозування для попередження та безпеки населення і господарства, тому прогнози їх перебігу та максимумів є актуальним завданням.[8,9]

2) Теоретичні основи прогнозу стоку води за обраним методом відповідних рівнів води базується на вивченні закономірностей процесів, що відбуваються у русловій мережі (в нашому випадку, на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівців). Розробка методики прогнозування практичному сенсі полягає в становленні двох основних емпіричних зв'язків, за допомогою яких можна вирішити основне завдання прогнозуальної методики – 1) $Q_{H,t+\tau} = f(Q_{B,t})$ – передбачити витрату води, яка очікується в час $(t+\tau)$ у нижньому створі в залежності від витрати води у верхньому створі в час t та 2) $\tau = f(Q_{B,t})$ –

через який час τ така витрата очікується в нижньому створі. Показник τ для таких прогнозів є їх завчасністю або часом руслового добігання (різниця між строками настання відповідних витрат у верхньому та нижньому створах).

3) Для розробки методики прогнозування на ділянці р. Прут за методом відповідних рівнів були використані дані про середньодобові та частково про строкові витрати на зазначених постах за період з 1964 по 2010 рр.

Відповідно схеми розроблення методики прогнозування за методом відповідних рівнів (витрат) води побудовано графік відповідних витрат води для ділянки р. Прут – Яремче-Чернівці, яка має високу апроксимацію витрат води між верхнім на нижнім створами. Коефіцієнт парної кореляції (r) дорівнює 0,94.

Враховуючи, що руслове добігання на досліджуваній ділянці відбувається (особливо, з високими витратами паводків) дуже швидко - за години, в роботі опрацьовані дані з Гідрологічних щорічників про виміряні витрати води. Використовуючи проміжну інформацію розрахунків (швидкості течії і відповідні їм виміряні витрати води, а також відстань між створами Яремча-Чернівці– 142 км), встановлено діапазони витрат води в верхньому створі і середній час добігання в годинах від верхнього створу (Яремче) до нижнього (Чернівці).

В результаті проведених робіт побудовано необхідні прогностичні залежності та отримано прогностичні рівняння.

4) Значення допустимих похибок прогнозу $\delta_{\Delta Q}$ розраховувалися за співвідношенням $\delta_{\Delta Q} = 0,20 Q_{прог}$, тобто в залежності від абсолютного значення прогнозованої витрати в нижньому створі. Цей підхід застосовано тому, що зміни витрат води на період завчасності прогнозів на підйомі та на спаді паводкових хвиль на досить часто коливаються дуже у великих межах.

За розробленою методикою проведено перевірочні прогнози, загальна кількість яких склала 70, з них справилися 47, тобто показник неперевищення допустимих похибок прогнозування склав 67%, що відносить розроблену методику до категорії «задовільних».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко В. М., Кульбіда М. І., Сусідко М. М. Визначний дощовий паводок на річках Закарпаття в листопаді 1998 р. Наукові праці УкрНДГМІ, 1999. Вип.247. С. 91-101.
2. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ. Ніка-Центр. 2003. 324 с.
3. Географічна енциклопедія України : [у 3 т.] / редкол.: О. М. Маринич (відповід. ред.) та ін. К., 1989-1993. ISBN 5-88500-015-8. (Т. 3. П–Я, 103-104)
4. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В.Гребінь. К. : Ніка-Центр, 2010. 316 с. (181, 241-243)
5. Державне агентство водних ресурсів України [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://davr.gov.ua/>
6. Дячук В.А., Сусідко М.М. Паводки в Закарпатті та причини їх виникнення. Укр. географ. журн., №1, 1999. С. 48-51.
7. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. К.: ВПЦ«Київський університет», 2008. 399 с.
8. Кирилюк М.І. Режим формування історичних паводків в Українських Карпатах. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2001. Т. 2. С. 163-167.
9. Лук'янець О.І., Москаленко С.О. Узагальнення та багаторічна мінливість максимального річного стоку води річок відповідно до гідрографічного районування України. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2019. № 2 (53). С. 6-20.
10. Мельник А. В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження : монографія / А. В. Мельник. - Львів : ЛНУ, 1999. 286 с. : іл.-Бібліогр.: с. 258-284.

11. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» / Упорядник О. І. Лук'янець. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. – 60 с.
12. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з курсу «Гідрологічні прогнози» / Упорядник О.І. Лук'янець. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2004. – 25 с.
13. Москаленко С.О., Бесараб Ю. С., Лук'янець О.І. Максимальний стік води річок басейнів Пруту і Сирету в межах України та його багаторічна просторово-часова мінливість // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2020. № 1(56). С. 25-40. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.3>.
14. Прут / В. В. Гребінь // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2023. – Режим доступу : <https://esu.com.ua/article-879390>.
15. Прут і його притоки [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <http://www.turystam.in.ua/2011-10-22-17-56-56/116-2012-03-13-05-52-52/1599-2012-03-13-14-15-07>
16. Сусідко М.М. Орографія місцевості та гідрометеорологічні умови основні чинники формування паводкового режиму в Карпатах // Наук. збірник КНУ Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія”. 2000. №1. С.203-206.
17. Сусідко М.М., Лук'янець О.І. Паводки в Карпатах – причини їх виникнення та повторюваність // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Стихійні явища у Карпатах”. Рахів. 1999. С. 316-321.
18. Сусідко М.М., Полякова О.С., Щербак А.В. Каталог характеристик дощових і сніго-дощових паводків на річках Карпатського регіону за 1989-2002 роки. – Наук. пр. УкрНДГМІ. 2006. Вип. 255. С. 299-310.
19. Тепловой и водный режим Украинских Карпат // под ред. Л.И. Сакали. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 366 с.
20. Український гідрометеорологічний центр [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.meteo.gov.ua/>.

21. Luk'yanets O., Sossedko M. Die Abflussbewertung auf nächste Jahre in den Karpaten unter Berücksichtigung der mehrjährigen Abflussschwankungen // Sammelband der XIX. Konferenz der Donauländer. Osijek (Kroatien). 1998. S.393-401.

22. Moskalenko S., Malytska L. Peak maximums on the rivers of the Prut and Siret basins (within Ukraine). XXIX Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management Conference proceedings. Extended abstracts. September 6–8, 2021 Brno. P. 20-21. URL: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/danube.pdf>

23. Prut River Basin Management Plan (2009). International Commission for the Protection of the Black Sea.

Додатки

ДОДАТОК А

Визначення відповідних значень витрат води на ділянці р. Прут

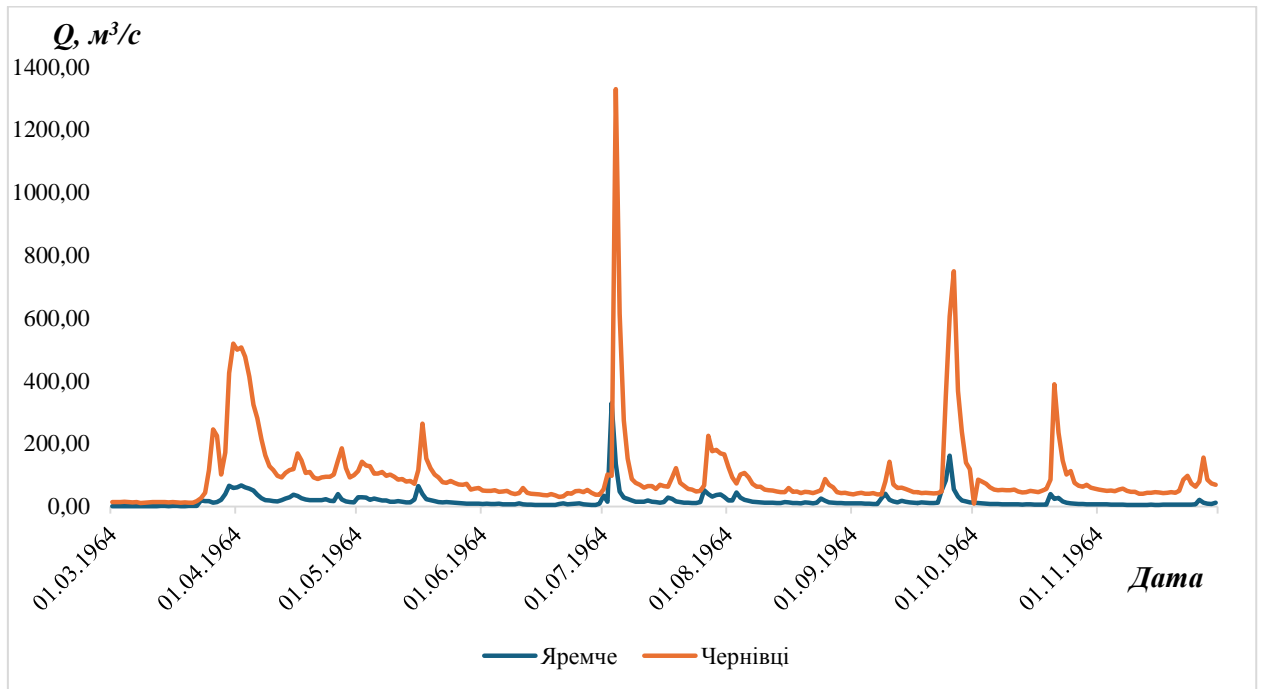


Рис А.1– Суміщені коливання витрат води на досліджуваних постах р. Прут за теплий період 1964 р.

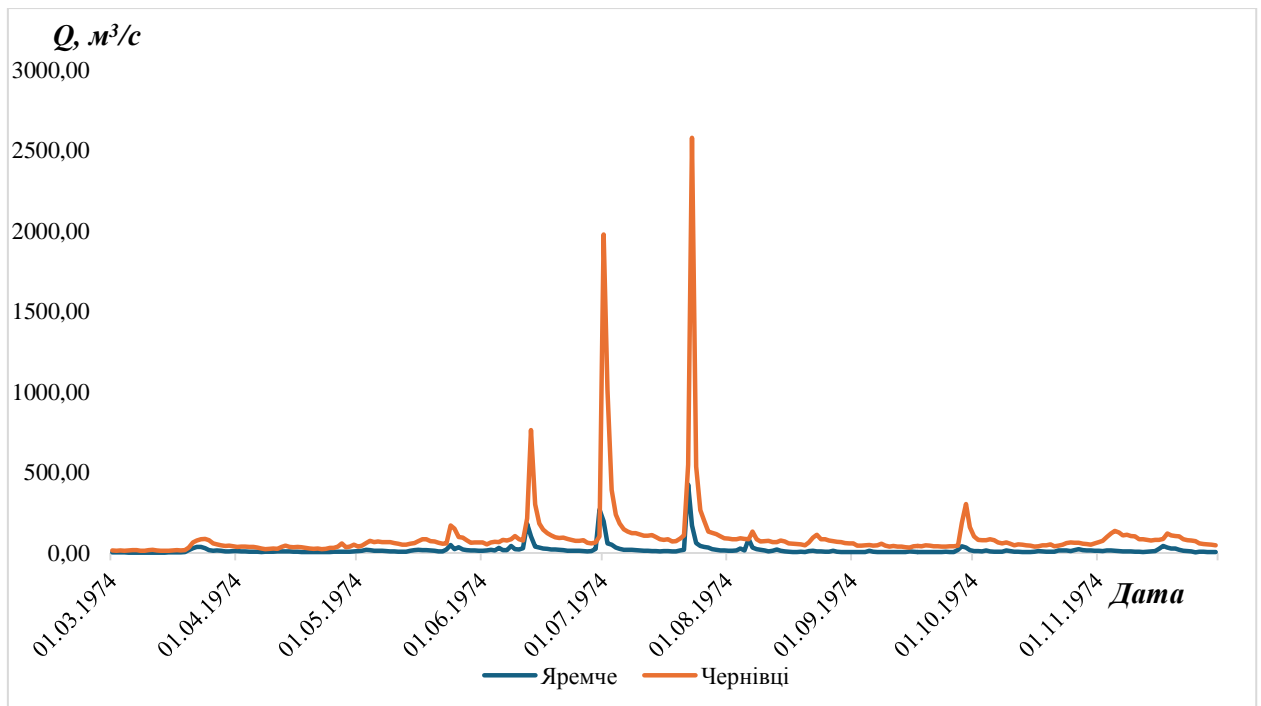


Рис А.2– Суміщені коливання витрат води на досліджуваних постах р. Прут за теплий період 1974 р.

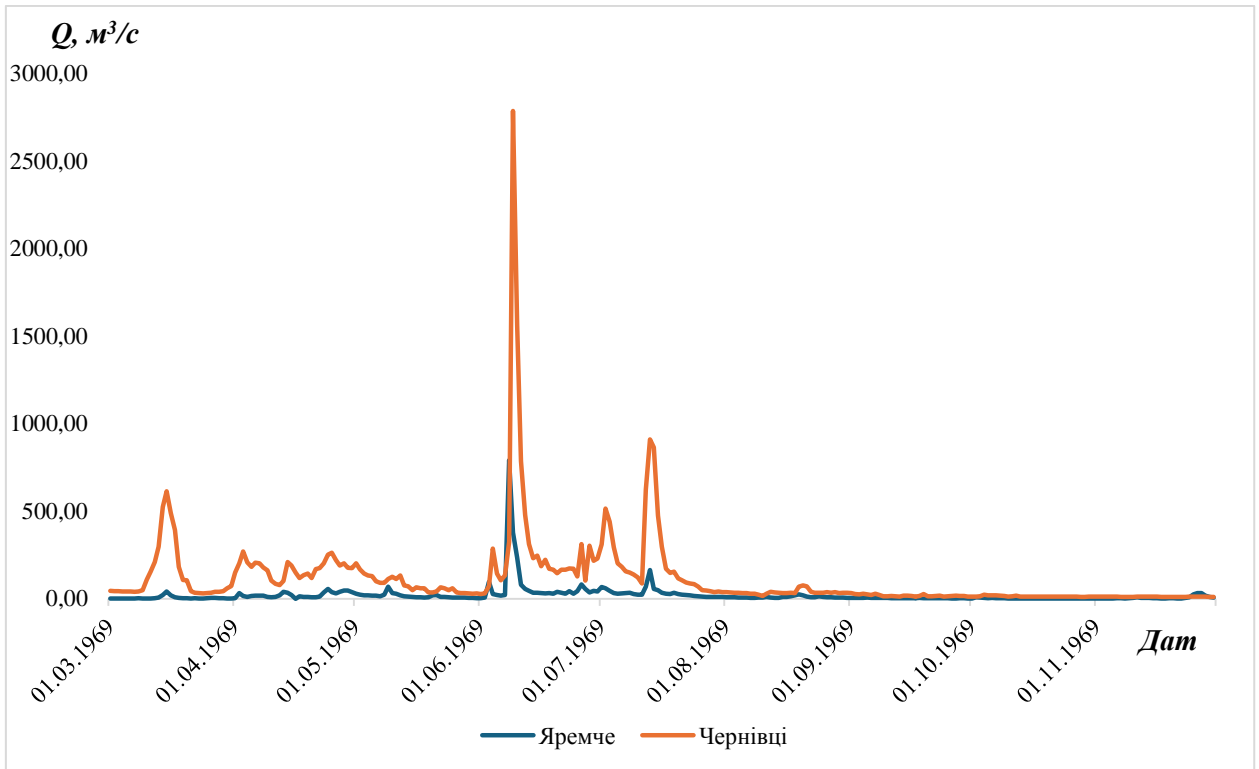


Рис. А.3 – Суміщені коливання витрат води на досліджуваних постах р. Прут за теплий період 1969 р.

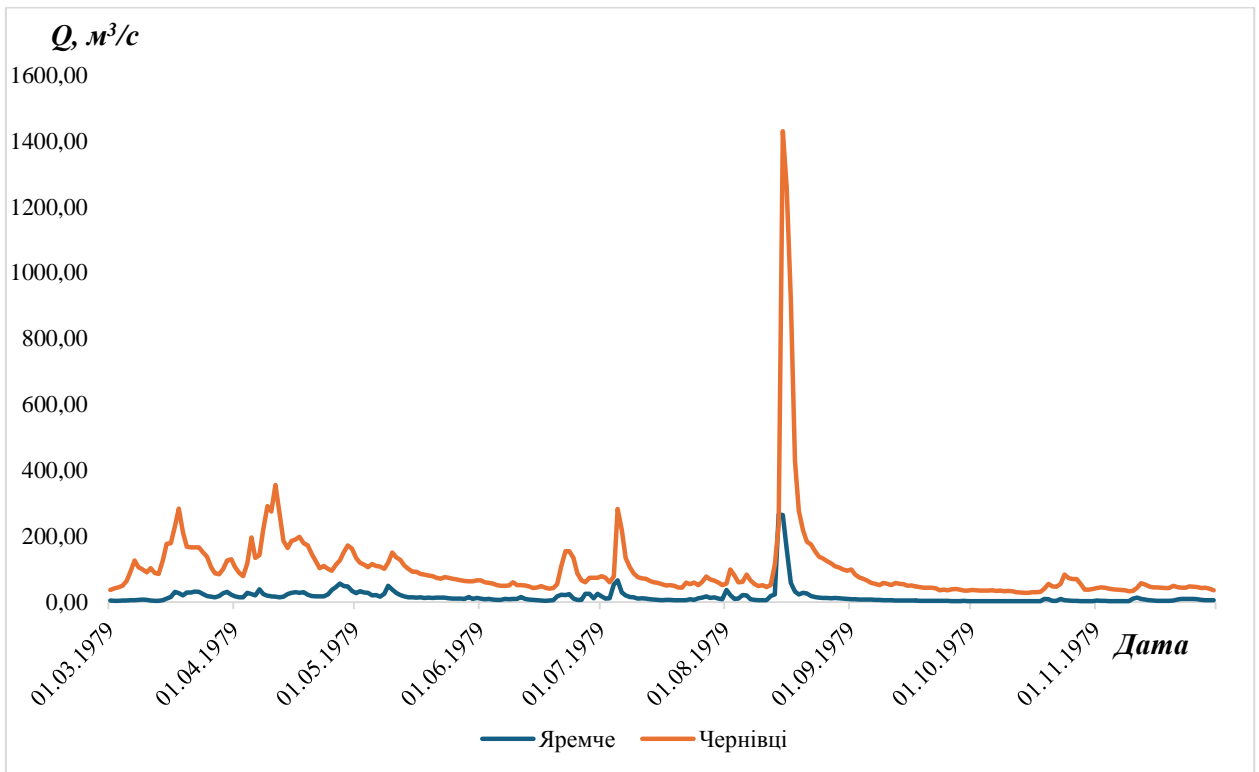


Рис. А.4 – Суміщені коливання витрат води на досліджуваних постах р. Прут за теплий період 1979 р.

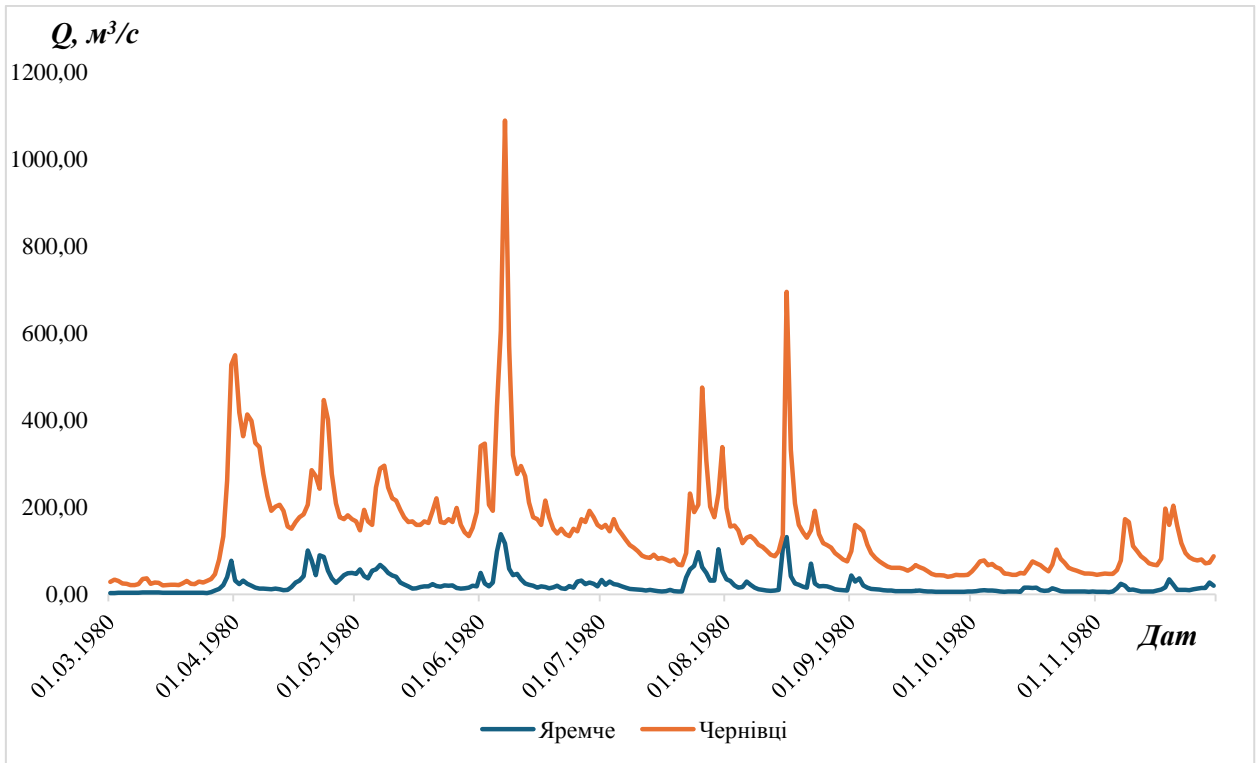


Рис . А.5 – Суміщені коливання витрат води на досліджуваних постах р. Прут за теплий період 1980 р.

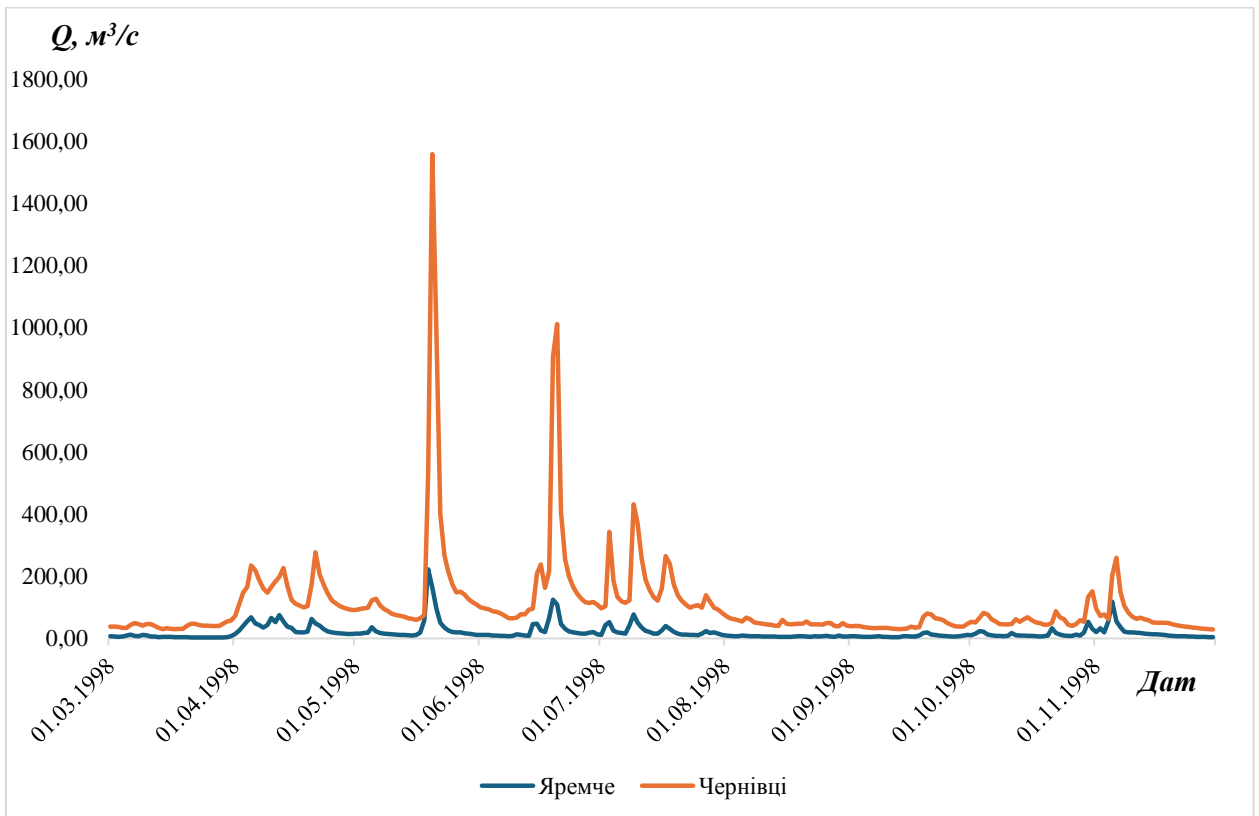


Рис. А.6 – Суміщені коливання витрат води на досліджуваних постах р. Прут за теплий період 1998 р.

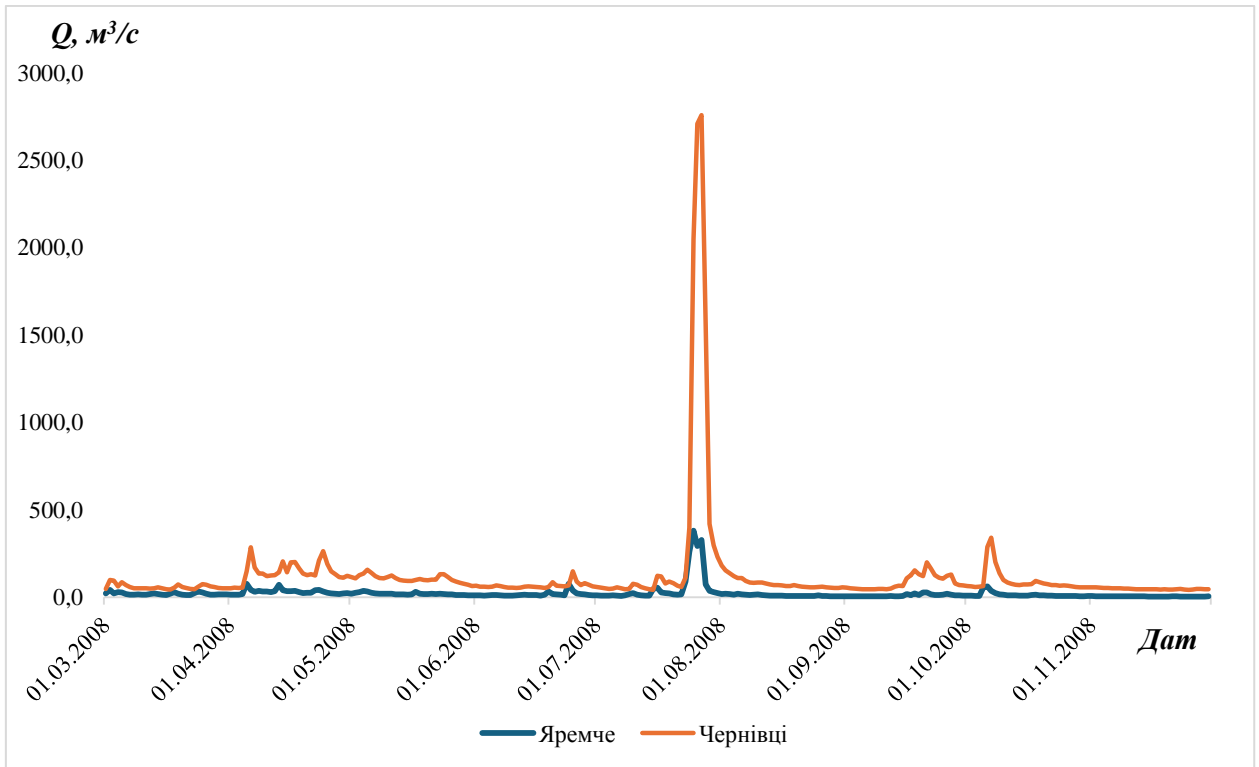


Рис. А.7 – Суміщені коливання витрат води на досліджуваних постах р. Прут за теплий період 2008 р.

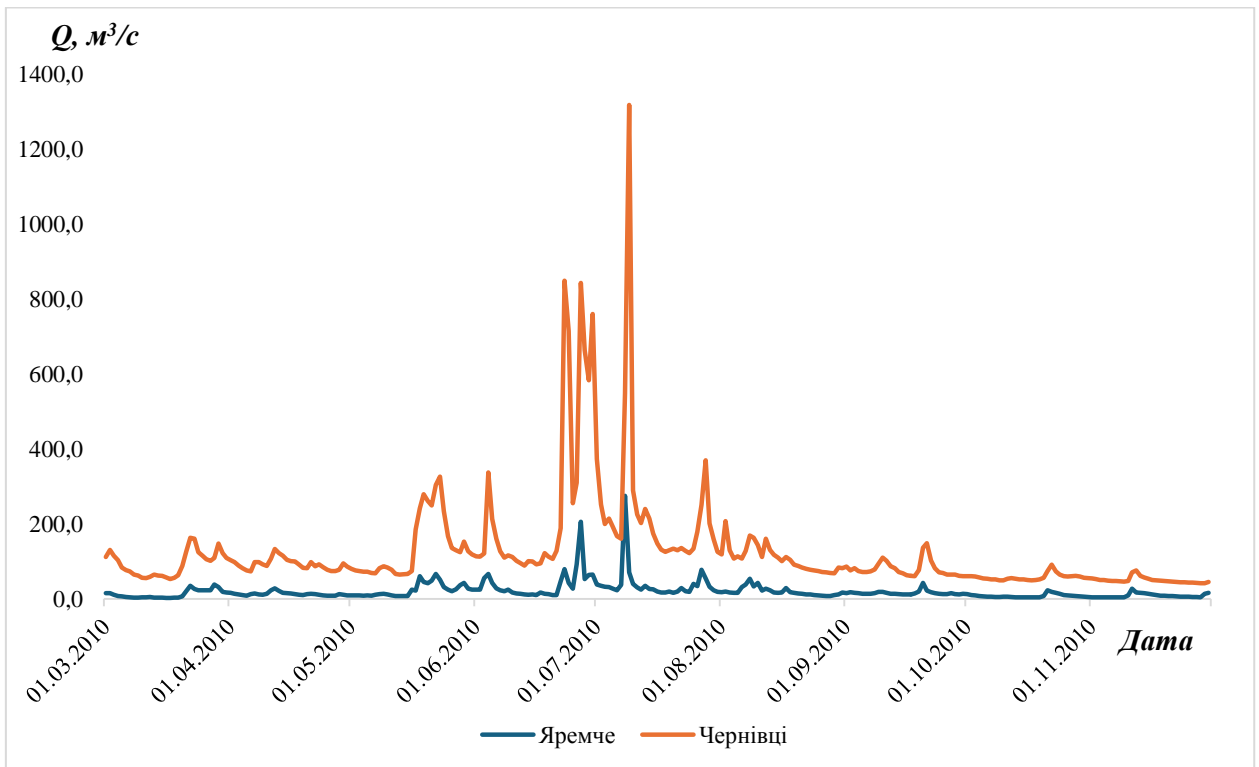


Рис. А.8 – Суміщені коливання витрат води на досліджуваних постах р. Прут за теплий період 2010 р.

Таблиця А.1 - Відповідні витрати води на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці та час їх настання, 1964 р.

№ з/п	Р.Прут-Яремче (верхній пост)		Р.Прут-Чернівці (нижній пост)	
	Qв.(Яремче), м3/с	Дата	Qн.(Чернівці), м3/с	Дата
1	19,4	23.03.1964	246	26.03.1964
2	66,4	30.03.1964	519	31.03.1964
3	38,1	15.04.1964	169	16.04.1964
4	39,6	26.04.1964	186	27.04.1964
5	29,9	02.05.1964	143	02.05.1964
6	65	16.05.1964	264	17.05.1964
7	10,2	10.06.1964	58,8	11.06.1964
8	35,1	01.07.1964	102	02.07.1964
9	329	03.07.1964	1329	04.07.1964
10	28,3	17.07.1964	122	19.07.1964
11	51,7	26.07.1964	225	27.07.1964
12	44,7	03.08.1964	107	05.08.1964
13	25,5	24.08.1964	87,8	25.08.1964
14	41,3	09.09.1964	143	10.09.1964
15	162	25.09.1964	749	26.09.1964
16	39,6	20.10.1964	389	21.10.1964
17	21,6	26.11.1964	156	27.11.1964

Таблиця А.2 - Відповідні витрати води на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці та час їх настання, 1969 р.

№ з/п	Р.Прут-Яремче (верхній пост)		Р.Прут-Чернівці (нижній пост)	
	Qв.(Яремче), м3/с	Дата	Qн.(Чернівці), м3/с	Дата
1	42,6	15.03.1969	614	15.03.1969
2	32,4	02.04.1969	270	03.04.1969
3	41,2	13.04.1969	211	14.04.1969
4	57,5	24.04.1969	264	25.04.1969
5	69,6	09.05.1969	127	10.05.1969
6	96,4	03.06.1969	288	04.06.1969
7	792	08.06.1969	2786	09.06.1969
8	83,2	26.06.1969	312	26.06.1969
9	68,4	01.07.1969	515	02.07.1969
10	165	13.07.1969	910	13.07.1969

Таблиця А.3 - Відповідні витрати води на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці та час їх настання, 1974 р.

№ з/п	Р.Прут-Яремче (верхній пост)		Р.Прут-Чернівці (нижній пост)	
	Qв.(Яремче), м3/с	Дата	Qн.(Чернівці), м3/с	Дата
1	38,3	23.03.1974	87,5	24.08.1974
2	50,3	24.05.1974	171	24.05.1974
3	181	12.06.1974	764	13.06.1974
4	272	30.06.1974	1980	01.07.1974
5	427	22.07.1974	2580	23.07.1974
6	87,7	06.08.1974	133	07.08.1974
7	42,9	28.09.1974	305	29.09.1974
8	45	17.11.1974	121	18.11.1974

Таблиця А.4 - Відповідні витрати води на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці та час їх настання, 1979 р.

№ з/п	Р.Прут-Яремче (верхній пост)		Р.Прут-Чернівці (нижній пост)	
	Qв.(Яремче), м3/с	Дата	Qн.(Чернівці), м3/с	Дата
1	30,8	17.03.1979	284	18.03.1979
2	30,8	30.03.1979	130	31.03.1979
3	29,9	16.04.1979	198	17.04.1979
4	56,1	27.04.1974	172	29.04.1979
5	49,9	09.05.1979	151	10.05.1979
6	24,8	23.06.1979	155	23.06.1979
7	66	05.07.1979	283	05.07.1979
8	36,9	01.08.1979	99,2	02.08.1979
9	266	14.08.1979	1430	15.08.1979
10	10,2	19.10.1979	55,8	20.10.1979
11	9,4	23.10.1979	83,6	24.10.1979
12	14	11.11.1979	57,1	12.11.1979

Таблиця А.5 - Відповідні витрати води на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці та час їх настання, 1980 р.

№ з/п	Р.Прут-Яремче (верхній пост)		Р.Прут-Чернівці (нижній пост)	
	Qв.(Яремче), м3/с	Дата	Qн.(Чернівці), м3/с	Дата
1	77,4	31.03.1980	550	01.04.1980
2	31,8	03.04.1980	414	04.04.1980
3	101	19.04.1980	286	20.04.1980
4	89,7	22.04.1980	447	23.04.1980
5	57,2	02.05.1980	194	03.05.1980
6	67,6	07.05.1980	296	08.05.1980
7	49,4	01.06.1980	347	02.06.1980
8	138	06.06.1980	1090	07.06.1980
9	46,8	10.06.1980	295	11.06.1980
10	31,8	26.06.1980	192	28.06.1980
11	97,4	25.07.1980	476	26.06.1980
12	104	30.07.1980	339	31.07.1980
13	29,4	06.08.1980	134	07.08.1980
14	132	16.08.1980	696	16.08.1980
15	70,2	22.08.1980	192	23.08.1980
16	42,9	01.09.1980	160	02.09.1980
17	24,3	07.11.1980	173	08.11.1980
18	34,2	19.11.1980	204	20.11.1980

Таблиця А.6 - Відповідні витрати води на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці та час їх настання, 1998 р.

№ з/п	Р.Прут-Яремче (верхній пост)		Р.Прут-Чернівці (нижній пост)	
	Qв.(Яремче), м3/с	Дата	Qн.(Чернівці), м3/с	Дата
1	67,9	05.04.1998	235	06.04.1998
2	74,4	12.04.1998	226	13.04.1998
3	62,5	20.04.1998	277	21.04.1998
4	36	05.05.1998	127	06.05.1998
5	222	19.05.1998	1559	20.05.1998
6	46,6	15.06.1998	238	16.06.1998
7	124	19.06.1998	1012	20.06.1998
8	52,3	03.07.1998	343	03.07.1998
9	77	09.07.1998	431	09.07.1998
10	39,4	17.07.1998	264	17.07.1998
11	23,4	27.07.1998	139	27.07.1998
12	23,4	03.10.1998	81,6	04.10.1998
13	32,3	21.10.1998	86,7	22.10.1998
14	53,4	30.10.1998	151	31.10.1998
15	118	05.11.1998	259	06.11.1998

Таблиця А.7 - Відповідні витрати води на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці та час їх настання, 2008 р.

№ з/п	Р.Прут-Яремче (верхній пост)		Р.Прут-Чернівці (нижній пост)	
	Qв.(Яремче), м3/с	Дата	Qн.(Чернівці), м3/с	Дата
1	30,9	18.03.2008	74,3	19.03.2008
2	78,1	05.04.2008	287	06.04.2008
3	73	13.04.2008	206	14.04.2008
4	43,7	23.04.2008	264	24.04.2008
5	38,2	04.05.2008	158	05.05.2008
6	32,9	19.06.2008	86	20.06.2008
7	77,3	24.06.2008	150	25.06.2008
8	56,3	16.07.2008	124	16.07.2008
9	382	25.07.2008	2760	27.07.2008
10	27,8	20.09.2008	201	21.09.2008
11	62,5	06.10.2008	341	07.10.2008

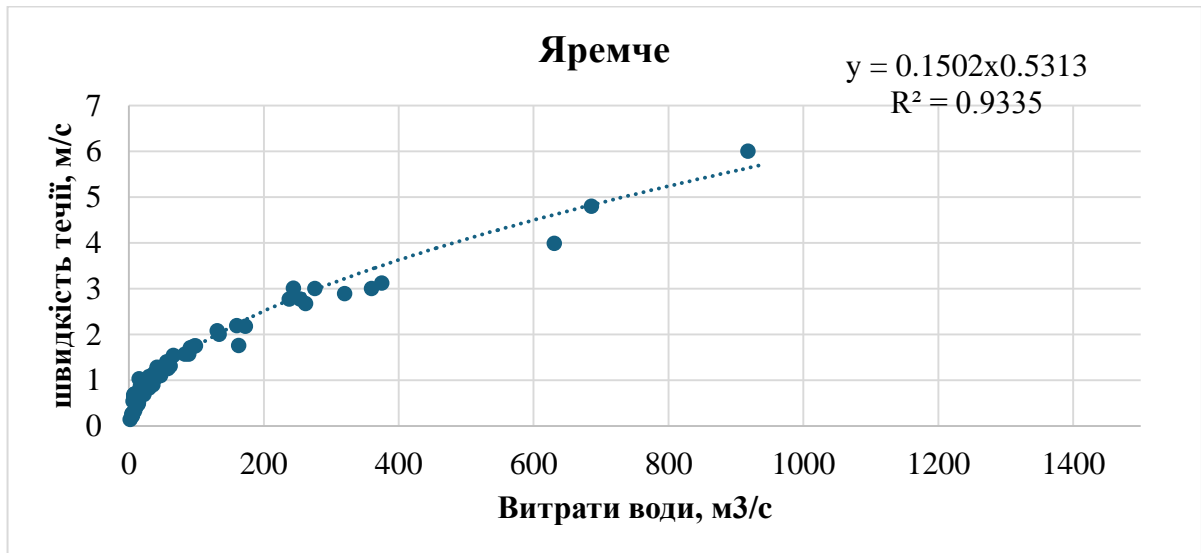
Таблиця А.8 - Відповідні витрати води на ділянці р. Прут від Яремче до Чернівці та час їх настання, 2010 р.

№ з/п	Р.Прут-Яремче (верхній пост)		Р.Прут-Чернівці (нижній пост)	
	Qв.(Яремче), м3/с	Дата	Qн.(Чернівці), м3/с	Дата
1	35,1	22.03.2010	164	22.03.2010
2	38,9	28.03.2010	148	29.03.2010
3	28,2	12.04.2010	134	12.04.2010
4	12,9	28.04.2010	95,6	29.04.2010
5	13,8	09.05.2010	87,6	09.05.2010
6	61,3	18.05.2010	280	19.05.2010
7	66,6	22.05.2010	327	23.05.2010
8	43,5	29.05.2010	153	29.05.2010
9	66,6	04.06.2010	338	05.06.2010
10	80	23.06.2010	850	23.06.2010
11	206	27.06.2010	844	27.06.2010
12	64,9	30.06.2010	761	30.06.2010
13	276	08.07.2010	1320	09.07.2010
14	78,2	27.07.2010	371	28.07.2010
15	54,5	08.08.2010	170	08.08.2010
16	42,7	10.08.2010	161	12.08.2010
17	29,4	17.08.2010	112	17.08.2010
18	42,7	20.09.2010	149	21.09.2010
19	23,6	21.10.2010	91,8	22.10.2010
20	28,1	11.11.2010	76	12.11.2010

ДОДАТОК Б

**Розрахунок часу руслового добігання на ділянці р. Прут
від м Яремче до м Чернівці**

верхній створ річкової ділянки



нижній створ річкової ділянки

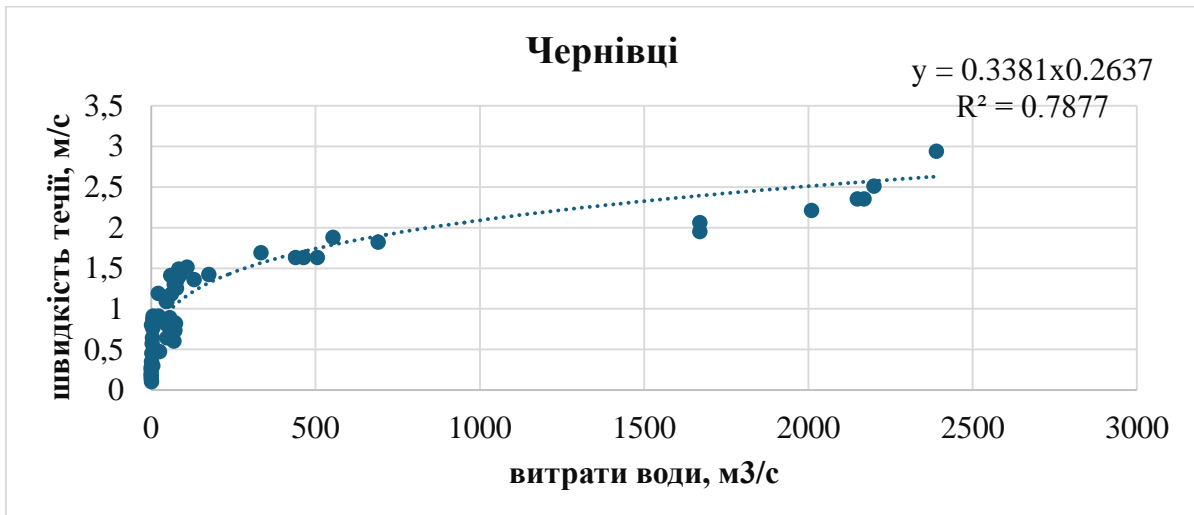


Рис. Б.1 - Графіки зв'язку між витратами води та відповідними швидкостями течії на досліджуваних постах р. Прут