

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Катинська Ірина Вікторівна

Прим. № ____

УДК 556.531.4

ДИСЕРТАЦІЯ
СЕРЕДНЬОРІЧНИЙ СТІК І ЙОГО МІНЛИВІСТЬ НА РІЧКАХ
ЗАКАРПАТТЯ

11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія

Науки про Землю

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



І.В. Катинська

Науковий керівник: Гопченко Євген Дмитрович, доктор географічних наук,
професор

Одеса – 2017

АНОТАЦІЯ

Катинська І. В. Середньорічний стік і його мінливість на річках Закарпаття. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.07 – Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. – Одеський державний екологічний університет Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2017.

У роботі для гірських умов Закарпаття виконано науково-методичне обґрунтування та визначення розрахункових норм річного стоку, коефіцієнтів варіації й асиметрії на території Закарпаття. Наявні нормативні рекомендації в редакції СНіП 2.01.14-83 ґрунтуються на вихідних даних по часових рядах, накопичених більше ніж за 40 минулих років.

При визначенні характеристик річного стоку по території Закарпаття використані методи статистичного аналізу часових рядів річного стоку, оцінка їх однорідності, встановлення розрахункових періодів при визначенні норм річного стоку, коефіцієнтів варіації, коефіцієнтів асиметрії та відношення C_s/C_v гідрологічної мережі на території Закарпаття та подальшого їх просторового узагальнення.

Наукова новизна полягає у тому, що для гірських умов Закарпаття запропонований та реалізований науково-методичний підхід щодо обґрунтування розрахункових характеристик річного стоку (норм, коефіцієнтів варіації та асиметрії) з використанням не тільки стокових матеріалів, а також і річних опадів. Розроблені та обґрунтовані редукційні коефіцієнти для урахування особливостей формування стоку для малих водозборів (розміром $F \leq 20$ км²). За сучасними даними спостережень встановлена для усієї території Закарпаття залежність між висотним положенням водозборів і коефіцієнтами варіації. Запропонована єдина методика визначення норм річного стоку і коефіцієнтів варіації й асиметрії,

за допомогою якої вдалося повисити надійність встановлених розрахункових характеристик річного стоку у межах території середньої і нижньої течій р. Тиси.

Удосконалено науково-методичну базу просторового узагальнення характеристик річного стоку (норм, коефіцієнтів варіації й асиметрії) на території Закарпаття.

Подальший розвиток отримали методичні підходи щодо визначення розрахункових параметрів річного стоку за наявності нерівномірного розташування у просторі гідрологічних постів та за відсутності матеріалів спостережень.

Практичне значення одержаних результатів полягає у визначенні розрахункових величин річного стоку (норм, коефіцієнтів варіації й асиметрії та відношення C_s/C_v) на території Закарпаття. Науково-методична база, запропонована у дисертаційній роботі автора, доведена до рівня практичного використання, тобто не потребує додаткових доробок, а теоретичні і практичні підходи можуть бути поширеними й на інші регіони України. Одержані результати дисертаційної роботи у вигляді «Методики визначення розрахункових характеристик річок Закарпаття» впроваджені у виробничу діяльність Закарпатського ЦГМ (Акт впровадження від 22.06.2017 р.).

Досліджувана територія Закарпаття входить до складу гірської країни Українські Карпати. Українська частина басейну р. Тиса відноситься до Західно-Карпатського гідрологічного району.

За період дослідження у Закарпатській області були використані дані по 34 об'єктах. Матеріали спостережень Гідрометслужби за гідрологічним режимом річок охоплюють період від початку спостережень і по 2010 рік, включно. Водозбірні площі мають діапазон від 0,28 до 7690 км², їх висотне положення знаходиться у межах від 300 до 1200 м, а тривалість часових рядів має діапазон від 26 до 62 років.

Норма стоку гірських річок зазвичай узагальнюється на основі регіональних залежностей стоку від середньої висоти водозборів. Для

басейну р. Тиси в СНіП 2.01.14-83 наводиться таблиця координат залежності модулів стоку від середньої висоти водозборів. Норма річного стоку в басейні р. Тиса змінюється в діапазоні від 5,1 до 40,8 л/(с·км²) при висоті водозборів від 200 до 1100 м. З метою перевірки відповідності даних за СНіП 2.01.14-83 матеріалам спостережень за стоком річок Закарпаття (станом на 2010 рік) була побудована залежність модулів стоку від середньої висоти водозборів. За допомогою отриманого лінійного рівняння на базі даних спостережень по досліджуваних постах були визначені норми річного стоку на території Закарпаття. Перевірні розрахунки показали, що відхилення розрахункових модулів річного стоку $\bar{q}_{розр}$ від вихідних даних $\bar{q}$ в середньому становить |20,5|%, що більше припустимого за СНіП 2.01.14-83.

Таким чином, слід звернути увагу на два суттєвих недоліки(на об'єктах Закарпаття) діючого нормативного документу. По-перше, ним не враховуються зниження норм стоку з невеликих водозборів, по-друге, отримана залежність охоплює лише дані, що відповідають фактично половині території Закарпаття, оскільки величини $\bar{q}$ відносяться до геометричних центрів водозборів, які при картуванні зміщуються в бік верхів'їв річок.

У дисертаційній роботі здійснено перевірку гіпотези про однорідність часових рядів середньорічних модулів стоку в пунктах спостережень на річках Закарпаття за допомогою критеріїв Фішера-Снедекора та Ст'юдента.

Особливості коливань річного стоку досліджувались за допомогою різницевих інтегральних кривих та за згладженими часовими рядами. Аналіз суміщених різницевих інтегральних кривих дозволив виділити маловодні та багатоводні фази, їх початок, закінчення та тривалість. З виду різницевих інтегральних кривих витікає, що коливання річного стоку характеризуються синфазністю. Аналіз вихідних даних свідчить про відсутність однозначної чітко вираженої тенденції до змін у рядах річного стоку. Крім того, перевірка точності вихідної інформації по річному стоку у Закарпатті знаходиться на

рівні 4,1%, що повною мірою відповідає вимогам діючих нормативних документів з розрахункових гідрологічних характеристик.

Оскільки Закарпаття відноситься до гірських територій, нами обґрунтована залежність модулів стоку $\bar{q}$ від середньої висоти річкових водозборів $H_{\text{сеп}}$. Впливу залісеності водозборів на норму стоку не виявлено.

Для визначення норм річного стоку на території Закарпаття за відсутності спостережень у розділі 3 обґрунтоване рівняння з урахуванням коефіцієнтів впливу висотного положення водозборів k_H на норму стоку та коефіцієнтів зниження норм річного стоку на водозборах k_F з площами $F \leq 20 \text{ км}^2$.

При розрахунку норм річного стоку у межах території Закарпаття за відсутності безпосередніх гідрологічних спостережень здійснено картування приведених до умовної висоти місцевості $H_{\text{сеп}} = 1000 \text{ м}$ модулів стоку $\bar{q}_{H=1000}$. Суттєвим недоліком отриманої карти розподілу $\bar{q}_{H=1000}$ є те, що побудована вона за даними спостережень гідрографічної мережі, у якій пункти спостережень розміщуються у середній та верхній течії річок, а нижня частина водозборів залишається невисвітленою даними спостережень.

Щоб висвітлити усю територію басейну р. Тиси (у межах Закарпаття), до аналізу були залучені й річні опади. Це дало змогу обґрунтувати ту частину водозборів, по якій недостатньо було даних спостережень і за її допомогою уточнити методику визначення модулів річного стоку. Точність розрахунку норм річного стоку річок Закарпаття становить |6,96|%, що відповідає точності вихідної інформації по річному стоку і вимогам діючого СНіП 2.01.14-83. Представлена методика розрахунку норм річного стоку рекомендована для практичного використання на території Закарпаття.

У четвертому розділі були розглянуті існуючі регіональні методики для визначення коефіцієнтів варіації на території Закарпаття.

Для статистичного аналізу часових рядів стокових характеристик

були застосовані методи моментів і найбільшої правдоподібності. Точність вихідної інформації по коефіцієнтах варіації часових рядів дорівнює $|10,8|\%$.

В просторі коефіцієнти варіації C_v узагальнені в залежності від висотного положення водозборів. Середнє відносне відхилення розрахункових коефіцієнтів варіації $(C_v)_{розр}$ від фактичних даних становить $|9,00|\%$, що відповідає вимогам нормативного документу СНіП 2.01.14-83.

Коефіцієнти асиметрії та відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації часових рядів річного стоку нормовані у межах території Закарпаття шляхом просторового узагальнення на основі «методу сумісного аналізу даних». Коефіцієнт асиметрії прийнятий на рівні 0,4, а відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації – на рівні 1,5, як осереднені нормативні характеристики для усієї території Закарпаття.

Результати дослідження характеристик річного стоку в басейні р. Тиса свідчать про те, що обґрунтовані параметри (норми стоку, коефіцієнти варіації й асиметрії) повною мірою відповідають вимогам діючих в Україні нормативних документів та у вигляді «Методики визначення розрахункових характеристик річок Закарпаття» впроваджені до використання у виробничій діяльності Закарпатського ЦГМ (Акт впровадження від 22.06.2017 р.).

Ключові слова: норма річного стоку, коефіцієнти варіації й асиметрії, нормативні рекомендації, часові ряди, просторове узагальнення, атмосферні опади.

ANOTATION

Katynska I.V. Average annual runoff and its variability on Zacarpathian rivers. – Qualifying scientific work on the manuscript.

The qualifying scientific work for the degree of candidate of geographic sciences by specialty 11.00.07 – hydrology of land, water resources, hydrochemistry. – Odesa State Environmental University Ministry of Education and Science of Ukraine, Odesa, 2017.

The theoretical study and working out of method of calculating of annual runoff rates, coefficients of variation and skewness for the mountainous conditions of Zacarpathian region were completed in this work. In Ukraine these characteristics are still calculated by specification standard SNIP 2.01.14-83, which generalize of calculating of annual runoff rates, coefficients of variation and skewness of time series more than 40 years.

Methods of statistical analysis of time series of annual runoff, assessment of its homogeneity, defining of calculated periods for calculating of rates of annual runoff, coefficients of variation and coefficients of skewness and ration C_s/C_v of hydrological network on the territory of Zacarpathian region and their subsequent spatial generalizations were used for generalization of characteristics of annual runoff on Zacarpathian territory.

Scientific novelty is the working out and implementation of method for calculating of rates of annual runoff in the Tisa basin with the use of materials of hydrological observations on Zacarpathian territory. It was proposed on the regional level method for calculating of rate of annual runoff and coefficients of variation in mountainous conditions of Zacarpatian where materials of observation absent. Specification of rates of annual runoff with the use of rainfall databases was realized. It was grounded rates of annual runoff on the small catchments ($F \leq 20 \text{ km}^2$).

The scientific-methodological base of spatial generalization of characteristics of annual runoff was improved in the boundaries of Zacarpathian territory.

Methodological approaches to the specification of the calculated parameters of annual runoff in the conditions of irregular location of hydrological stations over territory are getting further development.

The practical significance of obtained results is the definition of calculated values of annual runoff (rates, coefficients of variation and ration C_s/C_v) on the territory of Zacarpathian region. Scientific and methodological base that proposed in this scientific work is ready for the practical using. It is mean that proposed base

does not require of additional modifications and its theoretical and practical approaches can be extended to other regions of Ukraine. Obtained results of qualifying scientific work "Methodology for determining of calculated characteristics of Zacarpathian rivers" have implemented in practical activities of Zacarpathian Regional Center for Hydrometeorology (certificate of implementation from 22.06.2017).

This area of Zacarpathian region is the part of mountain country of Ukrainian Carpathians. Ukrainian part of the Tisa basin belongs to the Western Carpathians hydrological district. It was used the data of 34 hydrological stations in Zacarpathian region at this time. Materials of hydrometeorological observations over hydrological regime of rivers are characterized the period from the beginning of observation and to 2010 inclusive. Catchments areas fluctuates from 0.28 to 7690 km², their heights are from 300 to 1200 m, and the length of time series has a range from 26 to 62 years.

According to SNIP 2.01.14-83 it was found out that rates of annual runoff vary in a wide range – from 5.1 l/(s·km²) to 40.8 l/(s·km²) in the Tisa basin. Exactness of initial data to rates of annual runoff $\bar{q}_{\text{поп}}$ is |20.5|% in average, but it is mean that exactness exceeds permissible mistake according to SNIP 2.01.14-83. First in the second it take into account that this document is not captured phenomenon of decreasing of runoff from small catchments. And secondly the almost half of Tisza River area is not covered with data due to the assignment of runoff date to the geometrical centers of individual catchments when the spatial generalization of modules of annual runoff of Tisza River was implemented.

The verify of homogeneity of time series of average annual runoff modules and variances in the points of observations on Zacarpathian rivers was realized by the criteria Fischer-Snedekora and Student in this scientific work. Analysis of the combined difference integral curves allowed to select the dry and affluent phases. Trends in space are random, and it is mean that further zoning of territory by the sign of temporal trends in time series of annual runoff does not need. Through the kind of difference integral curves can be conclude that the fluctuations of annual

runoff are characterized by synphasing, but not synchronicity. Exactness of obtained information about annual runoff in Zaccarpathian region is equal to $|4.1|\%$ in average, that fully according to the existing specification standard.

It was grounded dependence of runoff modules $\bar{q}$ from the average height of river catchments H_{cep} . Increment of runoff modules $\bar{q}$ when increasing of the average height of river catchments H_{cep} is observed well enough. Influence of the forest coverage of catchments on rates of annual runoff is not identified.

There is grounded the equation for determination of rates of annual runoff in Zaccarpathian region in the absence of observations with considering the coefficients of influence of high-altitude catchments on rates of annual runoff and the coefficients of decreasing of rates of annual runoff on the catchments with the areas $F \leq 20 \text{ km}^2$ in Chapter 3.

When annual runoff on Zaccarpathian territory in the absence of direct hydrological observations is calculated it was done mapping of runoff modules $\bar{q}_{H=1000}$, which are reduced to conventional altitude $H_{cep} = 1000 \text{ m}$. Essential, but an objective shortcoming of this map is that it is grounded only for the half of studied area, where almost all the hydrologic network with the stationary observation points locates. Shortcomings in the distribution of hydrological stations intensify because of rates of annual runoff significantly shift towards the uppers of rivers when they are mapped.

Annual precipitation was involved to cover the whole territory of the basin of Tisa (in Zaccarpathian region). It allowed to grounded that part of catchments of the left bank of the river basin Tisa for which data of observations were not enough. This method of calculating rates of annual runoff is recommended for the practical using on Zaccarpathian territory.

Exactness of rates of annual runoff of Zaccarpathian rivers is $|6.96|\%$, it corresponds to exactness of the initial information about annual runoff and of requirements of current specification standard SNIP 2.01.14-83. It was considered

existing regional methods to determine coefficients of variation in Zacarpathian territory.

Issues related to the definition of coefficients of variation and skewness are decided in Chapter 4 at a modern level. Methods of moments and of the greatest likelihood were applied to statistical analysis of time series of runoff characteristics. Exactness of the initial information about coefficients of variation of time series is $|10.8|\%$.

Dependences of coefficients of variation C_v from the potential factors that influence the variability of annual runoff in the mountains were built for Zacarpathian rivers. Dependence between altitudes of catchments and coefficients of variation are improved for the all Zacarpathian territory. Average deviation of calculated coefficients of variation $(C_v)_{\text{розн.}}$ from the initial data is $|9.00|\%$, which corresponds to specification standard SNIP 2.01.14-83.

Coefficients of skewness and the ratio of coefficients of skewness to coefficients of variation of the time series of annual runoff are normalized within Zacarpathian territory by spatial generalizations based on the «method of joint analysis of data». Coefficient of skewness is accepted at the level of 0,4, and the ratio of coefficients of skewness to coefficients of variation is at the level of 1,5, as averaged normative characteristics for the all Zacarpathian territory.

Studies of the characteristics of annual runoff in the Tisza river basin shows that the grounded parameters (rates of runoff, coefficients of variation and skewness) fully corresponds to the requirements of normative documents in Ukraine. Obtained results of qualifying scientific work "Methodology for determining of calculated characteristics of Zacarpathian rivers" have implemented in practical activities of Zacarpathian Regional Center for Hydrometeorology (certificate of implementation from 22.06.2017).

Keywords: rate of annual runoff, coefficients of variation and asymmetry, specification standards, time series, spatial generalization, modules of annual runoff, precipitation, normative base.

СПИСОК ОСНОВНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових наукових виданнях:

1. Гопченко Є.Д., Катинська І.В. Мінералізація води р. Тиса на ділянці м. Рахів – м. Чоп // Вісник ОДЕКУ. Одеса, 2012. Вип. 13. С. 158-164. (розрахунки та аналіз результатів).
2. Гопченко Є.Д., Катинська І.В. Норми річного стоку на території Закарпаття // Вісник ОДЕКУ. Одеса, 2013. Вип. 16. С. 134-140. (розрахунки та аналіз результатів).
3. Гопченко Є.Д., Катинська І.В. Удосконалення науково-методичної бази для нормування характеристик річного стоку у Закарпатті // Періодичний науковий збірник «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія». Київ, 2014. Том 4(35). С. 8-14. (розрахунки та аналіз результатів).
4. Гопченко Є.Д., Катинська І.В., Бурлуцька М.Е. Розрахункові характеристики річного стоку на території Закарпаття // Періодичний науковий збірник «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія». Київ, 2016. Том 1(40). С. 8-14. (розрахунки та аналіз результатів).

Наукові статті в міжнародних фахових виданнях:

5. Гопченко Е.Д., Катинская И.В. Изменчивость годового стока на территории Закарпатья // European Applied Sciences #11. Germany, 2014. P. 65-68. (розрахунки та аналіз результатів).
6. Gopchenko E., Katinskaya I., Burlutskaya M. Spatial variability of annual runoff in Zaccarpathian region // International Jornal of Research In Earth & Environmental Sciences. April 2016. volume 4: No. 3. P. 26-30. (розрахунки та аналіз результатів).

Наукові статті в інших виданнях:

7. Гопченко Є.Д., Катинська І.В. Мінералізація води річок Закарпаття // Науково-практичний журнал «Причорноморський екологічний бюлетень».

Одеса, 2012. № 1(43). С. 86-91. (підбір даних, розрахунки та аналіз результатів).

Тези доповідей і матеріали конференцій:

8. Катинська І.В. Програма збору гідрологічних даних у басейні річки Тиси // Матеріали V наукової конференції молодих вчених. ОДЕКУ. Одеса., 2005. С. 88-89.

9. Катинська І.В. Програма моніторингу та оцінки транскордонних річок // Тези доповідей VI наукової конференції молодих вчених. ОДЕКУ. Одеса., 2006. С. 113.

10. Катинська І.В. Катастрофічні явища на водних об'єктах. Економічні збитки. Економічна доцільність. // Матеріали VII наукової конференції молодих вчених, присвяченої 75-річчю ОДЕКУ. ОДЕКУ. Одеса., 2007. С. 45.

11. Гопченко Е.Д., Катинская И.В. Норма годового стока рек Закарпатья // Сборник трудов VI Международной научной конференции молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность». Москва, Россия., 2012. С. 135-138.

12. Гопченко Е.Д., Катинская И.В. Исследование годового стока бассейна реки Тиса // VII Всероссийский гидрологический съезд 19-21 ноября 2013г. Санкт-Петербург. <http://www.hydrology.ru/ru/news/sostoyalsya-vii-vserossiyskiy-gidrologicheskiy-sezd>

13. Гопченко Є.Д., Катинська І.В. Особливості часової змінності річного стоку на території Закарпаття // Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішень» Одеса., 7-9 жовтня 2014р. С. 79-80.

ЗМІСТ

ВСТУП	16
РОЗДІЛ 1	21
ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ ФОРМУВАННЯ РІЧКОВОГО СТОКУ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТТЯ.....	21
1.1. Географічне положення і рельєф.....	21
1.2. Ґрунтовий і рослинний покрив	25
1.3. Карст.....	30
1.4. Клімат.....	32
1.4.1. Температурний режим.....	32
1.4.2. Опади.....	34
1.5. Гідрологічна вивченість території.....	35
1.6. Коротка характеристика Закарпатської воднобалансової станції.....	41
1.7. Руслоформування на річках Закарпаття	45
1.8. Водогосподарська діяльність на території Закарпаття	49
1.9. Мінералізація вод річок Закарпаття	52
Висновки за розділом.....	54
РОЗДІЛ 2	56
НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ РІЧНОГО СТОКУ	56
2.1. Визначення норм річного стоку за наявності тривалих рядів спостережень	56
2.2. Визначення норм річного стоку при коротких рядах спостережень за гідрологічним режимом річок.....	58
2.3. Визначення норм річного стоку за відсутності наявних спостережень за гідрологічним режимом річок.....	61
2.4. Особливості вологообігу та закономірності формування водного балансу в горах.....	61
2.4.1. Метод водного балансу	63
2.4.2. Визначення норм річного стоку по річних опадах	64

2.4.3. Визначення норм річного стоку з використанням рівняння теплового балансу	66
2.4.4. Метод водно-теплового балансу	67
2.4.5. Визначення норм річного стоку на основі карт їх розподілу по території	70
2.5. Визначення норм річного стоку у Закарпатті	72
2.6. Нормативні документи по визначенню розрахункових характеристик річного стоку.....	75
2.6.1. Нормативний документ СН 371-67	75
2.6.2. Нормативний документ СН 435-72	77
2.6.3. Нормативний документ СНіП 2.01.14-83	78
Висновки за розділом.....	84
РОЗДІЛ 3	86
ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМИ РІЧНОГО СТОКУ РІЧОК ЗАКАРПАТТЯ	86
3.1. Аналіз статистичної однорідності часових рядів спостережень за річним стоком.....	86
3.2. Циклічність у часових рядах річного стоку річок Закарпаття	90
3.3. Обґрунтування норм річного стоку у Закарпатті за наявності спостережень за гідрологічним режимом річок.....	104
3.4. Просторове узагальнення норм річного стоку на території Закарпаття	115
3.5. Перевірочні розрахунки за методикою, що пропонується для нормування річного стоку на території Закарпаття.....	129
Висновки за розділом.....	130
РОЗДІЛ 4	132
НОРМУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАРІАЦІЇ ТА АСИМЕТРІЇ ЧАСОВИХ РЯДІВ РІЧНОГО СТОКУ У ЗАКАРПАТТІ.....	132
4.1. Загальні відомості	132
4.2. Оцінка коефіцієнтів варіації річного стоку за наявності тривалих часових рядів спостережень.....	137

4.3. Оцінка коефіцієнтів варіації та асиметрії річного стоку при коротких рядах спостережень.....	138
4.4. Оцінка коефіцієнтів варіації та асиметрії річного стоку при відсутності рядів спостережень.....	142
4.5. Регіональні методики для визначення коефіцієнтів варіації річного стоку у Закарпатті.....	149
4.6. Обґрунтування способу узагальнення коефіцієнтів асиметрії та відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації на території Закарпаття.....	160
4.6.1. Визначення коефіцієнтів асиметрії та відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації за даними спостережень.....	160
4.6.2. Метод сумісного аналізу.	164
4.6.3. Результати застосування методу сумісного аналізу	166
Висновки за розділом.....	167
ВИСНОВКИ.....	169
Список літератури.....	173
Додаток А.....	186
Додаток Б	203
Додаток В.....	220
Додаток Д.....	223
Додаток Ж	226

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Норма річного стоку відноситься до фундаментальних характеристик водних ресурсів тієї чи іншої території. Вона є стійкою територіальною гідрологічною характеристикою, розрахованою за багаторічний період із незмінними ландшафтними, географічними умовами, які відносяться до сучасної геологічної епохи та характеризуються однаковим рівнем господарського освоєння річкових басейнів. На відміну від рівнинної території, норма стоку у гірських районах підпорядкована висотній поясності.

Дослідженнями річного стоку займалися такі відомі вчені-гідрологи як Д.І. Кочерин, А.В. Огієвський, Б.Д. Зайков, Д.Л. Соколовський, К.П. Воскресенський, Б.В. Поляков, Л.К. Давидов, П.С. Кузін, В.І. Бабкін, В.Г. Андрєянов, А.М. Владимиров.

В Одеському державному екологічному університеті розвиток теорії формування річного стоку знайшов своє відображення у роботах А.М. Бефані, Н.Ф. Бефані, О.Г. Іваненка, О.М. Мельничука, М.В. Лаликіна, Є.Д. Гопченка, О.В. Гушлі, Н.С. Лободи й інш.

Тривалі часові ряди спостережень за гідрологічним режимом річок Закарпаття доволі обмежені, а перші дослідження відносяться до періоду, коли були опубліковані «Ресурсы поверхностных вод, т.6, вып.1. Западная Украина и Молдавия, 1969 (РПВ)». В них норми стоку та коефіцієнти варіації по рядах до 1965 року узагальнені у вигляді відповідних карт ізоліній, а також регіональних емпіричних залежностей від середньої висоти водозборів. В Україні до цього часу розрахункові характеристики річного стоку регламентуються нормативним документом СНіП 2.01.14-83, який ґрунтується на даних спостережень до 1975 року. За цей період в системі Гідрометслужби України накопичені нові матеріали по річному стоку, у тому числі й по об'єктах Закарпаття.

Актуальність дослідження річного стоку у Закарпатті полягає у необхідності визначення розрахункових характеристик, оскільки діючий нормативний документ СНіП 2.01.14-83 узагальнює визначення норм річного стоку, коефіцієнтів варіації й асиметрії часових рядів більше ніж за 40 минулих років.

Зв'язок роботи з науковими програмами.

Дослідження норм річного стоку, а також коефіцієнтів варіації та асиметрії (або відношення C_s/C_v) відбуваються у складі науково-дослідної роботи кафедри гідрології суші Одеського державного екологічного університету: «Розрахункові характеристики гідрологічного режиму річок України» (№ д/р 0113U005797, 2013 – 2017 рр.).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка методики розрахунку характеристик річного стоку (норм стоку, коефіцієнтів варіації й асиметрії) на території Закарпаття, за умовами відсутності матеріалів спостережень.

Досягнення поставленої в роботі мети вирішуються шляхом послідовного виконання наступних задач:

- аналіз статистичної однорідності часових рядів спостережень за річним стоком;
- дослідження циклічності у часових рядах річного стоку річок Закарпаття;
- обґрунтування норм річного стоку на території Закарпаття;
- визначення коефіцієнтів варіації й асиметрії часових рядів річного стоку;
- просторове узагальнення за територією Закарпаття норм річного стоку, коефіцієнтів варіації й асиметрії та їх співвідношення.

Об'єкт і предмет дослідження. *Об'єктом дослідження* є річний стік у межах території Закарпаття. Використані матеріали спостережень мережі Гідрометслужби України охоплюють весь період, тобто від початку спостережень по 2010 рік, включно.

Предмет дослідження – розрахункові характеристики річного стоку на території Закарпаття за період від початку спостережень по 2010 рік.

Методи дослідження. В дисертації використані методи статистичного аналізу часових рядів річного стоку, оцінка їх однорідності, встановлення розрахункових періодів при розрахунку норм річного стоку, визначення коефіцієнтів варіації та асиметрії, з подальшим просторовим узагальненням стокових характеристик у межах території Закарпаття.

Наукова новизна одержаних результатів. Автором вперше для гірських умов Закарпаття:

- запропонований та реалізований на регіональному рівні науково-методичний підхід щодо визначення розрахункових характеристик річного стоку (норм, коефіцієнтів варіації та асиметрії) з використанням не тільки стокових матеріалів, а також і річних опадів;
- розроблені та обґрунтовані редуційні коефіцієнти для урахування особливостей формування стоку для малих водозборів (розміром $F \leq 20 \text{ км}^2$);
- встановлена для усієї території Закарпаття залежність між висотним положенням водозборів і коефіцієнтами варіації за сучасними даними спостережень;
- представлена єдина методика визначення норм річного стоку і коефіцієнтів варіації й асиметрії, за допомогою якої вдалося підвищити надійність встановлення розрахункових характеристик річного стоку у межах території середньої і нижньої течій р. Тиси.

Удосконалено науково-методичну базу просторового узагальнення характеристик річного стоку (норм річного стоку, коефіцієнтів варіації й асиметрії) на території Закарпаття.

Подальший розвиток отримали методичні підходи щодо визначення розрахункових параметрів річного стоку за наявності нерівномірного розташування у просторі гідрологічних постів та за відсутності спостережень.

Практичне значення одержаних результатів полягає у визначенні розрахункових величин річного стоку (норм, коефіцієнтів варіації й асиметрії та відношення C_s/C_v) на території Закарпаття. Запропонована у дисертаційній роботі автора науково-методична база доведена до рівня практичного використання, тобто не потребує додаткових доробок, а теоретичні та практичні підходи можуть бути поширеними й на інші регіони України. Слід відзначити, що одержані результати дисертаційної роботи у вигляді «Методики визначення розрахункових характеристик річок Закарпаття» впроваджені до використання у виробничій діяльності Закарпатського ЦГМ (Акт впровадження від 22.06.2017 р.).

Особистий внесок автора в роботу. Дисертаційна робота є результатом самостійних досліджень автора, у тому числі: збір, обробка та просторове узагальнення матеріалів гідрометеорологічних спостережень. У період з 2002 по 2005 рр. дисертант працював у Закарпатському обласному гідрометеорологічному центрі.

В процесі написання дисертаційної роботи автором опубліковано сім наукових статей, причому теоретична і практична реалізація результатів досліджень була виконана особисто автором. Спільно з науковим керівником здійснювалася постановка задачі, участь у теоретичному обґрунтуванні результатів та їх узагальненні.

Апробація результатів дисертації. Основні науково-методичні результати досліджень, викладені у дисертації, доповідалися на:

- V – VII конференціях молодих вчених Одеського державного екологічного університету (Одеса, 2005-2007);
- міжнародній науковій конференції молодих вчених та талановитих студентів «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность» (Москва, 2012);
- VII Всеросійському гідрологічному з'їзді (Санкт-Петербург, 2013);
- міжнародній науковій конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішень» (Одеса, 2014).

Публікації. Головні наукові положення та результати дисертаційної роботи викладені в 13 наукових публікаціях, у тому числі: у 7 статтях у наукових журналах і збірниках наукових праць, з них 4 – у фахових періодичних виданнях України; 1 – у інших виданнях; 2 – у виданнях іноземних держав, а також у 6 публікаціях матеріалів і тез доповідей міжнародних та інших наукових конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (141 найменування на 13 сторінках) та додатків. Повний обсяг дисертації становить 228 сторінок, містить 17 рисунків, 20 таблиць, 5 додатків на 43 сторінках.

Подяки. Автор висловлює глибоку вдячність науковому керівнику, доктору географічних наук, професору, академіку Академії наук вищої школи України, професору кафедри гідрології суші Гопченко Євгену Дмитровичу за мудре наставництво, неоціненну допомогу у роботі, корисні та конструктивні поради, за розуміння і щире підтримку на всіх етапах досліджень і при написанні дисертації.

Автор висловлює щире подяку доктору географічних наук, професору, завідувачу кафедри гідроекології і водних досліджень Лободі Наталії Степанівні за конструктивну критику, слушні поради і допомогу при написанні текстової частини роботи.

Автор висловлює щире вдячність доктору географічних наук, професору Шакірзановій Жанетті Рашидівні та кандидату географічних наук, доценту Овчарук Валерії Анатоліївні за корисні зауваження та коментарі, отримані під час обговорення матеріалів досліджень, за увагу і моральну підтримку при підготовці до захисту.

РОЗДІЛ 1

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА УМОВ ФОРМУВАННЯ РІЧКОВОГО СТОКУ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТТЯ

1.1. Географічне положення і рельєф

Гірська країна Українські Карпати, до складу якої входить і територія Закарпаття, являє собою зовнішню зону північного відгалуження Середземноморської альпійської складчастої системи [80].

Особливість Закарпаття визначають його межі, загальна довжина яких становить 460 км. На півночі і північному сході (Велико-Березнянський, Воловецький, Межгірський, Тячівський, Рахівський райони) Закарпаття межує зі Львівською (85 км) та Івано-Франківською (180 км) областями; на північному заході (Великоберезнянський район) – з Польщею – державний кордон довжиною 33,4 км; на заході (Ужгородський, Перечинський райони) – зі Словаччиною – довжина державного кордону 98,5 км; на півдні (Ужгородський, Берегівський, Виноградівський райони) – з Угорщиною – державний кордон довжиною 130 км; на південному сході (Рахівський, Тячівський, Хустський райони) – з Румунією – довжина державного кордону 205,4 км. В межах України площа басейну р. Тиси 13 тис. км², з яких 4/5 займають гори і 1/5 – рівнини. Орографічна схема досліджуваного регіону наведена на рис. 1.1 [101, 141].

Північно-східний кордон області проходить по Вододільному хребту, який є вододілом між басейнами річок Тиси та Дністра. На Вододільному хребті знаходяться витoki річок Чорна Тиса, Тересва, Тересля, Ріка, Віча, Латориця, Уж та інш. Цей хребет, як і частина Полонинського, яка до нього прилягає, мають висоти від 1500 м та вище й іменуються східною частиною Вододільного хребта. Західна частина хребта знаходиться на заході від

р. Ріка до держкордону з Чехією, Словаччиною та Польщею, висоти тут коливаються від 840 до 1723 м.

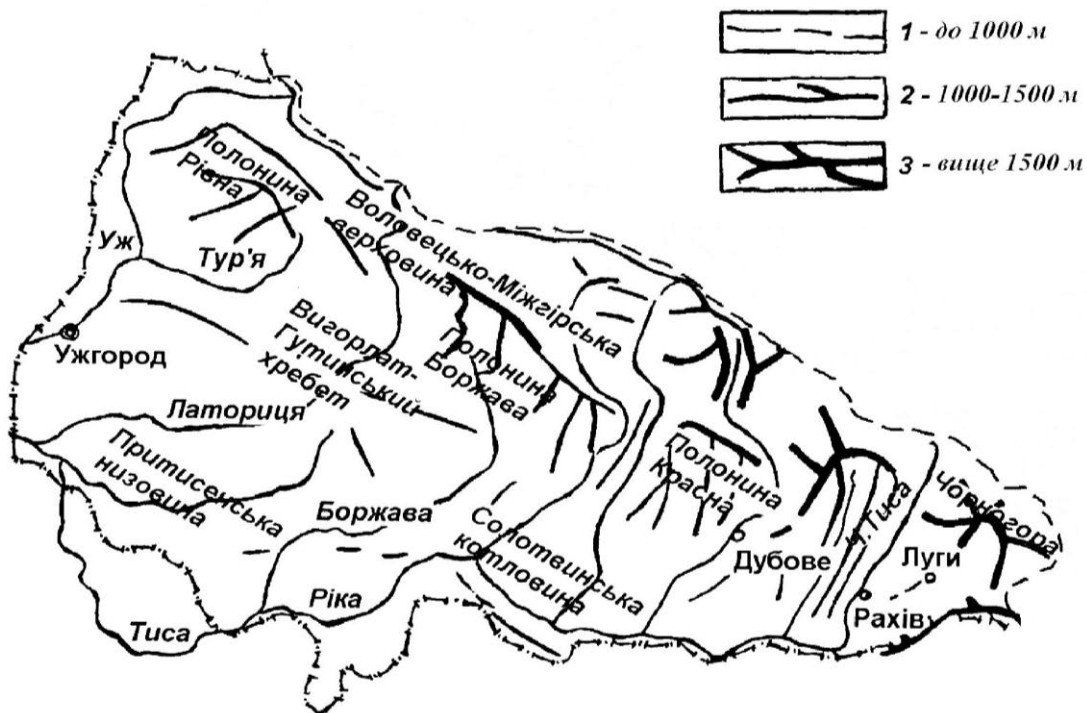


Рис. 1.1 Орографічна схема Закарпатської області

П'ять перевалів через Вододільний хребет зв'язують Закарпаття з іншими областями України: Ужоцький (852 м), Середньовецький (839 м), Воловецький чи Бескидський (974,5 м), Вишківський (930 м) та Яблуницький чи Ясинянський (931 м). Неподалік від Вишківського перевалу знаходиться Торунський перевал (941 м) [19, 98, 101]. До південних схилів Вулканічних Карпат прилягає Закарпатська низовина – частина Середньодунайської низовини. Це плоска рівнина, яка поступово знижується від передгор'їв до правих берегів р. Тиси [101].

Полонинський хребет простягається до річок Чорна Тиса і Тиса (до її виходу на держкордоні з Румунією), на сході від р. Чорна Тиса знаходиться хребет Чорні гори і р. Тиса – Гуцульські Альпи. Межею між першими і другими є долина р. Біла Тиса. На ділянці держкордону – р. Ріка він має

менші висоти та ширину, ніж на сході р. Ріка. На заході від р. Ріка абсолютні висоти інколи перевищують 1000 м, тільки окремі вершини підіймаються вище 1500 м. Полонинський хребет має широкі плоскі гірські вершини, які зайняті високогірськими альпійськими луками і використовуються під пасовища. Площа полонин становить 4% від загальної площі Закарпатської області. Найбільше полонин в східній частині області: Воловецькому, Тячівському і Рахівському районах. В західній частині області: Свалявському і Перечинському районах тягнуться ті ж самі Полонинські гори, порівняно невисокі і в більшості випадків покриті лісом. В меридіональному напрямку Полонинський хребет розділений річками: Косовською, Шопуркою, Теремблею, Тересвою, Рікою та інш. Полонинський та Вирголат-Гутинський хребти розділені річками Боржава, Латориця, Уж та іншими.

Вигорлат-Гутинський хребет – молоде вулканічне утворення, гірські вершини – залишки погаслих вулканів. Вони мають типовий вигляд молодих гір з характерними конусоподібними вершинами. Складається він з низки хребтів. Західніше р. Уж – хребет Попричний Верх; між річками Уж, Латориця та Боржава – хребет Великий Діл; між річками Боржава та Тиса – хребет Тупий; на півдні від р. Тиса – Гутинські Гори [39].

До Вирголат-Гутинського хребта прилягає смуга передгір'їв. Передгірська зона має ширину від 4 до 20 км, вона розділяється на високі (400-200 м) і низькі (200-100 м) передгір'я. Форми рельєфу цієї зони м'які, ували мають довжину 3-4 км і тільки деякі досягають 10 км [101].

Хребет Чорні гори – вузол на стику трьох хребтів, а саме: Вододільного, Полонинського і Гуцульських Альп. Тут знаходяться найбільш високі вершини Українських Карпат [39]. Гори розчленовані річкою Біла Тиса та її притоками. Гірські вершини гострі, конусоподібні.

Хребет Гуцульські Альпи тягнеться вздовж держкордону країни і є продовженням Мармурішського кристалічного масиву, основна частина якого знаходиться в Румунії. Гори тут нижчі, ніж в Чорногорії.

На Закарпатській низовині існує низка острівних пагорбів вулканічного утворювання – Берегівські гори (найбільша висота 367 м), Чорна гора в м. Виноградів (568 м) та інші.

Між Вододільним та Полонинським хребтами з північного заходу на південний схід тягнеться Верховинська поздовжня долина. Її ширина 20-30 км. Ця смуга з незначними плоскими горами висотою 700-800 м. Долина була утворена давніми річками, а потім змінилася при орогенезі. По цій долині протікають в верхів'ях річки Уж, Латориця, Ріка, Тересва, в межах її знаходяться витoki р. Чорна Тиса. Замикає на сході цю долину відособлена Ясинська котловина. Між Полонинським і Вирголат-Гутинським хребтами розташовується Передполонинська поздовжня долина (внутрішня Карпатська депресія). Вона тягнеться від держкордону з Чехією, Словаччиною до середньої течії р. Ріки, а далі переходить у Хустську котловину. В цій долині течуть річки Уж та її притоки – Уличка і Тур'я; Латориця і притоки: Пінія, Свалявка, Дусіна; Боржава і її притоки; Ріка і її притоки. Долина має три ясно обкреслених котловини, а саме: Перечинську, Свалявську і Хустську, висота яких 150-400 м [101].

На висоті 440 м над рівнем моря в р. Дунай з лівого берегу на територію Сербії (на 1218 м від гирла) впадає р. Тиса. Загальна довжина річки 966 км, площа водозбору – 153000 км², в межах України, відповідно – 201 км і 11300 км², загальне падіння річки – 336 м, середній ухил – 1,2‰, середній зважений – 1,6‰ [106]. Річка утворюється в результаті злиття Чорної та Білої Тиси за 4 км вище Рахова. У верхній течії русло є звивистим і порожистим. Після виходу на рівнину р. Тиса стає спокійнішою, її ширина збільшується до 150-170 м. Про гірське походження нагадує паводковий режим, значна каламутність води [17].

По території України р. Тиса протікає головним чином в західному напрямку. Поблизу м. Берегове р. Тиса переходить на територію Угорщини, а у районі м. Чоп знову повертається в Україну, трохи проходить кордоном і далі переходить на територію Угорщини (800 км) та Словаччини (150 км).

Територія області перерізана густою мережею річок. Середня щільність річкової мережі – $1,7 \text{ км/км}^2$ [52].

На території Закарпатської області Тиса приймає праві притоки: річки Косовську (41 км), Тересву (56 км), Тереблю (91 км), Ріку (92 км), Боржаву (106 км) [141].

1.2. Ґрунтовий і рослинний покрив

У Закарпатті передгірські і рівнинні території перебувають у біокліматичному і літологічному відношеннях під впливом Карпат. Переважна більшість ґрунтів, які складають територію Українських Карпат, є ерозійно нестійкими [6, 53, 74].

Ґрунтовий покрив сформувався в умовах досить складної літологічної диференціації порід, які утворюють ґрунт і рельєф, що обумовило його значну строкатість. Основними ґрунтоутворювальними породами є елювіально-делювіальні відклади продуктів вивітрювання флішу, кристалічних і магматичних порід. Меншою мірою розвинені алювіальні відклади, морена, алювій і пролювій. Ґрунтоутворення відбувається в основному по буриземному типу. Серед гірсько-лісових бурих ґрунтів переважають суглинкові різновиди. Легкосуглинкові різновиди зустрічаються на всіх висотних рівнях у смугах переважно піщанистих свит; поширені у верхніх частинах схилів. Важкосуглинкові різновиди зустрічаються рідко і відносяться до вирівняних і від'ємних (увігнутих) елементів рельєфу [121].

Ґрунтоутворюючі породи – четвертинні відклади і продукти вивітрювання третинних осадових порід. У межах Закарпатської низовини поширені давньоалювіальні суглинкові і супіскуваті відкладення надзаплавних терас, сучасні ж заплавні тераси складені галечниками і супісками. Розрізняють пролювій – корінні породи, що вивітрюються (валуни

по схилах), алювій – відклади вивіреного і знесеного по схилах пролювію (галька на давніх ерозійних терасах), елювій – продукти вивітрювання корінних порід (щебенисті, кам'янисті), делювій (лісовинні суглинки). В умовах доброї промивчастості відбувається підзолистий процес, при застої вод у ґрунті розвивається оглеювання. Ґрунтовий шар у басейні р. Тиса незначний (50-60 см) і характеризується великою різноманітністю. У гірській частині до висоти 1200-1400 м переважають бурі лісові ґрунти [80], буриземи середньо-опідзолені, менше поширені дерново-буриземні опідзолені. Вище 1600 м під субальпійськими луками розвинулися гірсько-лучні, місцями гірсько-торфові ґрунти в комплексі з торфовищами [6, 53]. На крайньому сході області поширені підзолисті ґрунти. У Передполонинській поздовжній долині в межах басейну р. Тиса поширені дерново-середньо-опідзолені ґрунти, вони ж панують і в передгірській зоні, і на острівних пагорбкуватостях (Берегівські гори й ін.). Закарпатська низовина, Хустська й Іршавська улоговини мають дерново-глеєві групи в комплексі з підзолисто-глеєвими і болотними.

За механічним складом, ґрунти належать до піщано-легкосуглинкових і середньосуглинкових, пилувато-середньосуглинкових і важкосуглинкових; у гірських районах іноді є домішка щебеню.

Великі масиви боліт у басейні не зустрічаються. Perezволожені ґрунти зустрічаються в межах Закарпатської низовини. У цілому ґрунти Карпат глеєваті, відрізняються низькою водопроникністю підстильних порід, промитістю верхніх шарів, високою здатністю до водоутримання і стокоутворення [73].

За останні 25-35 років ступінь еродованості ґрунтів зросла на 10-25% в межах височинних та гірсько-передгірських областей та на 3-10% – на рівнинах [24, 74,]. Буриземна лісова область охоплює передгір'я, Притисеньську низовину і, незважаючи на низку особливостей, у цілому по території відбувається процес кислого буризмоутворення. Даний процес протікає під хвойними, широколистяними лісами, сільськогосподарськими

угіддями в умовах теплового вологого клімату на добре дренованих породах. Профіль ґрунтів такий: на глибині 70-90 см пухка будова і грудкувата структура ґрунтових агрегатів, забарвленість палево-бура. Якщо ґрунтоутворювальні породи слабопроникні, то відбувається оглеювання буриземів.

Вертикальна зональність Карпат проявилася в тому, що за морфологією буриземи різних вертикальних поясів практично не відрізняються, є лише різниця в кількості і складі ґрунтового гумусу, вмісті обмінного алюмінію, заліза, забарвленні профілю [39]. Підрозділ карпатських ґрунтів по вертикалі необхідний з погляду їхньої придатності під сільськогосподарське використання. У Карпатах виділяють наступні вертикальні кліматичні пояси [115, 116]: дуже холодний (вище 1800 м), холодний (1800-1400 м), помірно-холодний (1400-925 м), помірно-теплий (925-800 м), теплий (менше 800 м).

Розподіл і зміна рослинності по території Закарпаття пов'язані зі зміною кількості тепла і вологи, тому на рівнині зміна рослинного покриву підпорядкована горизонтальній зональності, в гірських системах – вертикальній поясності. Характерний ряд поясів: передгірський (широколистяні ліси), низькогірський (букові ліси), верхньогірський (темнохвойні ліси), субальпійський (соснове криволісся), високогірський (мохово-сланцеві верещатники і лучні пустища).

Значну ґрунтозахисну роль відіграють ліси. Лісистість Українських Карпат зменшилась майже наполовину і в гірській зоні складає лише 53,5%. Знизилась також на 100-300 м і верхня межа лісу [24]. Стиглі ліси відіграють значну водорегулюючу здатність (можуть затримувати до 175 мм добової суми опадів, а при надмірному попередньому зволоженні такою межею можуть бути опади величиною 100 мм [86]).

Ліса займають 48% території басейну р. Тиса. Найбільш поширеними є ялинкові, букові і дубові ліси.

Ялинкові ліси поширені у верхньому лісовому поясі Карпат на висоті від 900 до 1350 м над рівнем моря, а в окремих випадках спускаються до висоти 500 м. Верхня межа їх штучно знижена на 200-400 м господарською діяльністю людини. Ялинники і насадження з перевагою ялини звичайної становлять приблизно 43% всіх лісів. Вони займають схили з буриземно-підзолистими ґрунтами.

Біля верхнього кордону ялинкових лісів на маломасивних ґрунтах і осипах зустрічаються ялинники з моховим чи чорничним надґрунтовим покривом. Площі, які вони займають, невеликі, але ці ліси мають водоохоронну і протиерозійну роль, оскільки сприяють збереженню ґрунту від ерозії [101].

Букові ліси поширені в нижньому гірському лісовому поясі басейну р. Тиса (на висоті від 500 до 900 м). Рідше вони опускаються нижче чи підіймаються вище цих позначок. Ґрунти під ними – буриземні. Насадження з перевагою буку лісового (ялинково-бучні і ялицево-бучні ліси) становлять приблизно 30% всіх лісів. Ярус підліску відсутній. Травостій різних асоціацій утворюють осока, маренка запашна, кислиця звичайна, кочедижник жіночий з домішками зеленчуку жовтого, зуб'янки та інші.

Ліси з дубу звичайного поширені в передгірському поясі на висотах від 150 до 550 м. Вони займають сірі лісові чи дерново-підзолисті ґрунти. Дубові ліси і насадження з перевагою дуба звичайного становлять біля 9% всіх лісів. Зустрічаються вони як на вододілах, так і в заплавах [93].

В якості домішки, до дубу звичайного відноситься більшість деревних порід. Ярус підліску утворюють ліщина звичайна чи жостір ламкий. У травостої різноманітних асоціацій панують осока волосиста, зеленчук жовтий й інші [133].

Крім розглянутих лісів зустрічаються менш поширені ялицеві, буково-ялицеві, грабові, буково-дубові, вільхові й інші ліси.

Вище природної верхньої межі лісів простягається смуга заростей сланких чагарників із сосни гірської, вільхи зеленої і ялівця сибірського.

Площа, яку вони займають, незначна, але гідрологічна роль надзвичайно важлива. Від стану сланкого лісового покриву і того, що прилягає до нього, залежить режим стоку річок, які беруть свій початок у горах. Слані і Приполонинські ліси затримують і регулюють велику масу води, яка стікає по схилах високогірських луків у період танення снігу і проходження злив [141].

Пустощі поширені в субальпійському (вище 1500 м) і альпійському (вище 1800 м) поясах на пологих і крутих схилах всіх експозицій. Вони становлять собою чисті чи змішані зарості чорниці, лохини і брусниці з домішками ялівця сибірського. Гідрологічна роль пустищ багато в чому подібна до сланів.

Справжні луки більш-менш рівномірно зустрічаються в усіх поясах. Крім суходільних, доволі поширені й заплавні справжні луки. Найбільш поширеними формаціями справжніх луків є луки вівсяниці лучної, луковика дернистого і вівсяниці приосадкуватої.

Основним фактором, який знижує гідрологічну роль лучної рослинності, є надмірний і безсистемний випас. Він спричиняє ущільнення ґрунту в 5-10 разів і тим самим збільшує поверхневий стік [73, 121].

Одним з вирішальних факторів у сучасному територіальному розташуванні рослинного покриву є господарська діяльність людини. Під її впливом зменшилася лісистість передгірських і низькогірських районів, значно знизилася верхня межа лісу, змінилися видовий склад, просторова структура та продуктивність лісних і лучних співтовариств. Особливої шкоди в цьому аспекті завдає суцільне вирубування лісу. Схиловий стік після таких рубок в ялинкових лісах зростає в 1,6 рази інтенсивніше, ніж у букових [86].

В 2002 році Кабінет Міністрів України затвердив Державну програму «Ліси України», якою визначався розвиток лісового господарства країни до 2015 року. Ця програма стосувалася всіх основних лісокористувачів України. У результаті її реалізації до 2015 року лісистість території нашої країни повинна була збільшитися з 15,6% до 16,1% [47].

1.3. Карст

Карстові явища в гірських і рівнинних ландшафтах території Закарпаття відрізняються або широким розвитком на порівняно великих територіях, або практично непомітним розташуванням окремих форм в долинній та ерозійній мережах. Від великих і складних карстових котловин до мікрорельєфу, що спричинений тріщинуватістю та пористістю – вся різноманітність карстової морфології підкреслює важливу рису впливу карсту на поверхневий стік – його постійну спроможність поглинати цей стік та зменшувати його ресурси.

Крайня нерівномірність поширення карстових явищ на великих просторах пояснюється низкою причин. До них належать в першу чергу часта обмеженість розмірів площ виходів порід, що карстуються, на денну поверхню чи під малопотужний шар пухких покривних відкладів, місцями значне розчленування рельєфу на цих виходах, швидке збільшення потужностей покривних відкладів, що не карстуються, при малій глибині ерозійних карбувань, відносне збільшення кількості нерозчинного залишку в шарі карбонатних порід, що карстуються [39]. Розміри площ галогенових порід, що карстуються, вкрай обмежені порівняно з поширенням карбонатних порід. Незначний розвиток карсту у гірському Карпатському регіоні суттєво компенсується численністю карстових районів на платформній частині.

Більшість карстових районів розташовується у лісостеповій і частково у степовій зонах. Тут поверхневий стік у гідрографічній мережі постійно, а в ерозійній – періодично під час сніготанення і дощових паводків, підживлює в карбонатних і сульфатних товщах тріщинно-карстові води. Мінімальний стік на окремих закарстованих водозборах під час підживлення підземного стоку може зникати, збільшуючи тим самим тривалість пересихання річок навіть у районах, які достатньо забезпечені підземним живленням.

Кліматичні, гідрометричні та гідрографічні матеріали дозволяють виділити головну роль хімічного вивітрювання карбонатних порід талими

водами. Поряд з цим важливе значення має фізичне вивітрювання карбонатних і сульфатних порід під час холодного сезону і механічне – при проходженні місцевих паводків.

Карст у кам'яній солі розвивається тільки в процесі її вилуговування атмосферними опадами, постійними і тимчасовими потоками і ґрунтовими водами.

В складі геоморфологічних факторів розвитку карсту важливу роль має тривалість та інтенсивність тектонічних підняттяв, які визначають як відносні перевищування вододільних просторів над місцевими базисами ерозії, так і різні поєднання напрямків падіння порід, що карстуються, і орієнтировки гідрографічної мережі [19, 98].

Хоча в Закарпатті карстові процеси не так поширені, як в Прикарпатті, але їх вплив на річковий стік (регулювання) і господарське використання земель (стають непридатними) великий. Вони утворюють порожнини і мають поширення в басейнах річок Велика і Маленька Вуголька, Тересва та Теребля. Причому, при зростанні антропогенного впливу карстування зростає і переходить у відкриті форми при недотриманні водоохоронного режиму (посилення втрат стоку і забруднення підземних вод з поверхні) [101, 121].

Закарпатський район об'єднує декілька виходів кам'яної солі, що карстуються у верхній приповерхневій товщі на території Верхньотисенської котловини, яка пересічена річками Тиса, Теребля, Тересва і їхньою ерозійною мережею. Розрізняються Мукачівський і Тячівський райони, розмежовані Хустським розломом. В обох районах палеозойські і мезозойські карбонатні породи залягають під потужною (до 3 км) товщею, яка не карстується. Тут в результаті диференційованих підняттяв суміжних структурних ділянок пластична товща тереблянської світи спрямована доверху, формуючи штокові зони, які витягнуті в напрямку з північного заходу на південний схід, поперек до напрямку одnobічного тиску. В північній зоні є шість соляно-купольних структур, в південній – сім, з

котрих Тересва перерізається долиною річки Тересва, Тернівська – долиною річки Тересва, а ізольована від південної зони на її південному сході Солотвинською великою структурою – долиною річки Тиса.

Вплив карстових явищ на стік досліджуваного басейну показує, що для платформених і геосинклінальних районів інтенсивного проявлення нових піднятих і посилення глибинної ерозії типовим є розчин відкладів, що карстуються, встановлення складних взаємозв'язків між поверхневими і підземними водами і все більше поширення мікродозборів та їхніх поєднань.

В безпосередньому зв'язку з цим знаходиться сучасне посилення карстовиникнення, яке виявляється поступовим переходом його до напіввідкритих стадій.

Вплив карсту на поверхневий стік і вплив стоку на посилення закарстування визначають на досліджуваній території в конкретних умовах новітньої тектоніки наявність загальних і місцевих народногосподарських проблем [74, 101].

1.4. Клімат

1.4.1. Температурний режим. Згідно схеми районування Б.П. Алісова [2], територія басейну р. Тиса відноситься до областей континентально-європейського клімату. Тут клімат має багато загальних характеристик, властивих клімату Угорщини та північної частини Балкан, він визначається загальною циркуляцією атмосфери над Європою і широтою місцевості.

Карпати вносять місцеві зміни в кліматичні процеси, затримують переміщення повітряних мас, підсилюють риси континентальності, вносять зміни до напрямку вітрів [19, 98]. Під впливом радіаційних і циркуляційних процесів і рельєфу на даній території формується помірно континентальний

клімат з надмірним і достатнім зволоженням, нежарким літом, м'якою зимою і теплою осінню [115, 116]. Взимку переважають південно-західні і західні вітри, частіше холодні північно-східні і північні вітри, влітку переважають західні і південно-східні вітри.

Взимку та влітку спостерігаються застої повітря, що створює підвищення температур в гірських долинах і у гірській низовині влітку і зниження її взимку.

Інколи північні і північно-східні вітри проникають також по річкових долинах, через перевали і гірські хребти. Завдяки пересіченому гірському рельєфу вітри не бувають дуже сильними.

На території басейну абсолютні позначки місцевості коливаються від 102 до 2061 м, тому кліматичні характеристики різних частин басейну дуже різняться, особливості клімату залежать від висоти місцевості.

Мінімальні температури повітря спостерігаються переважно у січні, максимальні – в липні. Середньорічна температура в Закарпатській низовині становить 9-10°C. Середньорічна ізотерма 8,5°C відокремлює низинні райони і передгірську зону від більш холодної гірської зони. Річка Ріка за температурним режимом поділяє цю зону, приблизно, на дві рівні частини: більш теплу західну (середньорічні температури – 4,5-8,5°C) та порівняно холодну східну (середньорічні температури – 4,2-6,5°C). Високо в горах (вище межі землеробства) середньорічні температури знижуються до 0°C.

Найбільша річна середньомісячна амплітуда температури повітря спостерігається в Хустській улоговині і на Закарпатській низовині, тут континентальність найбільш помітна, в гірських улоговинах континентальність виражена дещо слабкіше, завдяки прохолодному літу.

При піднятті в гори на кожні 100 м температура знижується на 0,3-0,4°C в січні та на 0,7°C – в липні [115, 116].

Середньомісячні температури є найбільш низькими, вони коливаються від -3°C до -8°C. Найбільш холодними взимку є замкнені гірські долини і улоговини, де застоюється холодне повітря, сповзаюче з гірських схилів [2].

Зима нестійка, спостерігаються часті відлиги, що супроводжуються опадами у вигляді дощу, максимальні температури в басейні в січні становлять 10-12°C, в лютому – 12-17°C, в березні – 17-25°C, в квітні – 25-32°C, в травні – 28-33°C, в літні місяці – 30-38°C, в вересні – 28-35°C, в жовтні – 22-30°C, в листопаді – 19-23°C, в грудні – 11-17°C [115]. На рівнині, завдяки континентальності повітря, максимальні температури досягають 25-38°C, в горах – 30-32°C.

У Закарпатті в цілому і, особливо в передгірській зоні, спостерігаються властиві температурні інверсії, повторюваність їх настільки значна, що вони впливають на середньорічні температури (в бік їх підвищення).

1.4.2. Опади. Помітно впливають на поширення опадів і характеристики зволоження абсолютні позначки місцевості і розчленованість території яружно-балковою системою. Піднесені місця характеризуються і більшою розчленованістю поверхні, відрізняються, порівняно з оточуючими їх низинними районами, більшою кількістю опадів і кращою зволоженістю.

Найбільша кількість опадів випадає в східній частині басейну, у верхів'ях річок Тересва і Теребля (більш, ніж 1500 мм на рік), передгір'ях – 800-1000 мм, з просуванням до низовини їх кількість зменшується до 700 мм. На вулканічних острівних пагорбах, що підіймаються на рівнині, кількість опадів збільшується до 800-900 мм. В цілому західні схили зволожені більше інших [115, 116].

Найменша кількість опадів в році випадає в січні і лютому. В межах басейну середні багаторічні суми в січні становлять 29-98 мм і в лютому – 27-86 мм. Середні суми березня в цілому вищі лютневих, на протязі місяця випадає 28-119 мм. В квітні в більшості пунктів кількість опадів збільшується, перевищує березневі на 10-30 мм, але в низці пунктів збільшення їх незначне, в травні випадає 48-163 мм, найбільша кількість опадів випадає в червні, тільки в низці пунктів річний максимум припадає на липень. В червні в межах басейну випадає 73-210 мм. Суми липня близькі до червневих (61-227 мм). В жовтні кількість опадів збільшується, спостерігається повторний максимум опадів, величина їх становить

56-205 мм. В листопаді відбувається в цілому зменшення опадів (33-144 мм). В грудні сума опадів становить 23-97 мм.

Сума опадів за холодний період року (листопад – березень) становить 151-514 мм, а за теплий (квітень – жовтень) – 382-1162 мм.

Річна сума опадів коливається від 533 мм (м. Бажеве) до 1558 мм (м. Міжгір'я).

Добова кількість опадів може досягати 80 мм і більше, вона зазвичай зростає з півдня на північний захід [76, 115, 116].

Сніговий покрив нестійкий в басейні і встановлюється не щорічно. На рівнині кількість днів за зиму зі сніговим покривом коливається від 10-15 до 80-85 днів, в горах ці показники зростають, в гірських долинах річок Чорна Тиса і Біла Тиса кількість днів зі сніговим покривом знаходиться у межах від 60-70 до 140 днів.

Висота снігового покриву незначна. Середня з найбільших декадних висот за зиму на рівнині становить від 16 см (м. Берегове) до 24 см (м. Мукачеве), у горах ці величини трохи більші, найбільша величина (56 см) спостерігалася в долині р. Мокранка. Запас води в снігу може становити в залежності від місця розташування від 1 до 20% загальної кількості опадів.

Впродовж зими в низовині і передгірській зонах сніговий покрив декілька разів може утворюватися і сходити, тому що спостерігаються часті відлиги, які супроводжуються дощами [116].

Сумарне випаровування за рік становить у середньому 500-600 мм. Найбільша річна величина випаровування у Закарпатті – 650 мм (м. Ужгород).

1.5. Гідрологічна вивченість території

Серед чинників, що визначають гідрологічний режим річок, найважливішими є фізико-географічні особливості території: геологічна

будова, рельєф, клімат, тощо. Геологічна будова і рельєф визначають те якими є площа водозбору, похил, характер ґрунтів, гідрогеологічні умови. Водночас рельєф впливає на кліматичні особливості, рослинний покрив [17].

Вивчення природних умов Закарпаття розпочалось з XVII сторіччя, але до 1945 року воно не було комплексним і проводилось виключно в інтересах господарського використання природних ресурсів регіону.

У часовому розрізі проблема вивчення стану малих річок постала ще в кінці 70-х – на початку 80-х років. Саме в цей час починаються активні дослідження малих водотоків у провідних вузах колишнього СРСР, які мають продовження і в сьогоденні. Значна їх частина (раніше загальносоюзного, а зараз загальноросійського значення) сконцентрована в Московському (Р.С. Чалов, М.І. Алексеєвський, О.Ю. Сидорчук, К.М. Беркович, Г.А. Ларіонов, О.В. Чернов, В.Н. Голосов, Н.Н. Іванова й ін.) та Казанському (Г.Д. Бутаков, А. П.Дєдков, В.І. Мозжерін) університетах. Дослідження руслових процесів малих річок України проводяться вченими Київського університету (О.Г. Ободовський, Є.С. Цайтц, І.П. Шуляренко), гідрологічний режим вивчається в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті (А.В. Щербак, А.І. Шерешевський, М.М. Сусідко), Інституті водно-екологічних проблем (А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець). «Гідрологічні розрахунки», які набули особливого значення усучасний період, як науково-методичний розвиток розділу гідрології суші, виконується у Одеському державному екологічному університеті впродовж багатьох десятиріч такими провідними радянськими і українськими вченими-гідрологами як А.М. Бефані, Н.Ф. Бефані, Д.І. Грінвальд, Є.В. Терентьєв, О.Г. Іваненко, Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода [36]. Малі водотоки західних регіонів країни перебувають під увагою вчених Львівського університету (І.П. Ковальчук, П.І. Штойко), Волинського (Я.О. Мольчак, М.П. Чемерис) та Чернівецького (Ю.С. Ющенко) університетів. Серед сусідніх країн необхідно виділити В.І. Нікору, Н.А. Арнаута (Молдова), В.М. Широкова (Беларусь) [77].

Гідрологічний режим річок Українських Карпат формується в результаті взаємодії природних чинників, визначальними з яких є кліматичні умови, оро- і гідрографічні особливості території, стан підстилкової поверхні, а також рівень і характер господарського освоєння території.

Українська частина басейну р. Тиса відноситься до Західно-Карпатського гідрологічного району. Живлення всіх річок має змішаний характер. Водність річок характеризується великою нерівномірністю на протязі року і в багаторічному розрізі. Характер розподілу стоку річок протягом року на досліджуваній території майже однаковий [106]. Найбільшою водністю вирізняються річки центральної і західної частин басейну р. Тиса. У верхній східній частині басейну р. Тиса, де за наявності високих гірських хребтів зменшується доступ вологоносним повітряним масам з Атлантики і Середземномор'я, спостерігається дещо менший поверхневий стік.

Станом на 1975 рік, в межах Закарпатської області мережа гідрологічних постів нараховувала більш 70 пунктів, на 30 з яких проводились гідрологічні й гідрохімічні спостереження. Найбільш охопленою спостереженнями є р. Ріка, де розташовано 25 гідрологічних постів і працює Закарпатська воднобалансова станція (з 1957 року).

На момент розглядаємого проміжку часу в межах Закарпатської області була використана мережа функціонуючих постів у кількості 34 об'єктів. Розташування їх наведене на рис. 1.2. Список гідрологічних постів надається у табл. 1.1.

Розподілення кількості стокових пунктів за площею водозборів приведене у табл. 1.2.

Коефіцієнт щільності річкової мережі становить переважно $0,5 \text{ км/км}^2$, а місцями навіть більше 1 км/км^2 . Дуже добре розвинута мережа водотоків, які мають довжину менше 10 км. Це сприяє досить швидкому скиду води, що надходить на басейн.

Таблиця 1.1

Список гідрологічних постів і морфометричні характеристики річкових створів на території Закарпаття

№ поста	Річка-пост	F , км ²	$I_{зв}$, ‰	H_{cp} , м	$f_{оз}$, %	f_z , %	f_l , %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	р. Боржава – с. Довге	408	12,6	620	0	0	71
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	7	470	0	<1	54
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	19,8	1100	0	0	77
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	14,5	760	0	0	72
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	0,28	–	550	–	–	–
6	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	0,39	–	630	–	–	92
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	26	1060	<1	0	83
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	4,5	570	0	0	63
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	12,3	720	0	0	50
10	р. Латориця – м. Свалява	680	7,4	700	0	0	61
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	1,9	310	<1	<1	41
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	–	897	–	–	78
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	11,4	770	0	0	65
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	15,6	700	0	0	80
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	16,6	1100	0	0	80
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	30	820	0	0	29
17	р. Репінка – с. Репіне	203	7,6	780	0	0	22
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	550	12,5	800	0	0	41
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	6,6	680	0	0	52
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	6	300	0	0	42
21	р. Тересва – с. Колочава	369	10,4	1000	<1	0	67
22	р. Тересва – смт Дубове	757	10,5	1000	0	0	76
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	8,6	930	0	0	72

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	17,2	1100	0	0	77
25	р. Тиса – смт Вилок	9140	2,9	–	1	1	55
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	26,3	1200	<1	0	77
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	9,1	1100	1	0	68
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	–	–	–	–	–
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	3,7	870	1	0	56
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	194	15,7	1000	1	0	75
31	р. Тур'я – с. Симер	464	15,6	540	0	0	61
32	р. Уж – с. Жорнава	286	12,3	670	0	0	45
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	6,3	560	0	0	54
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	4,1	530	0	0	57

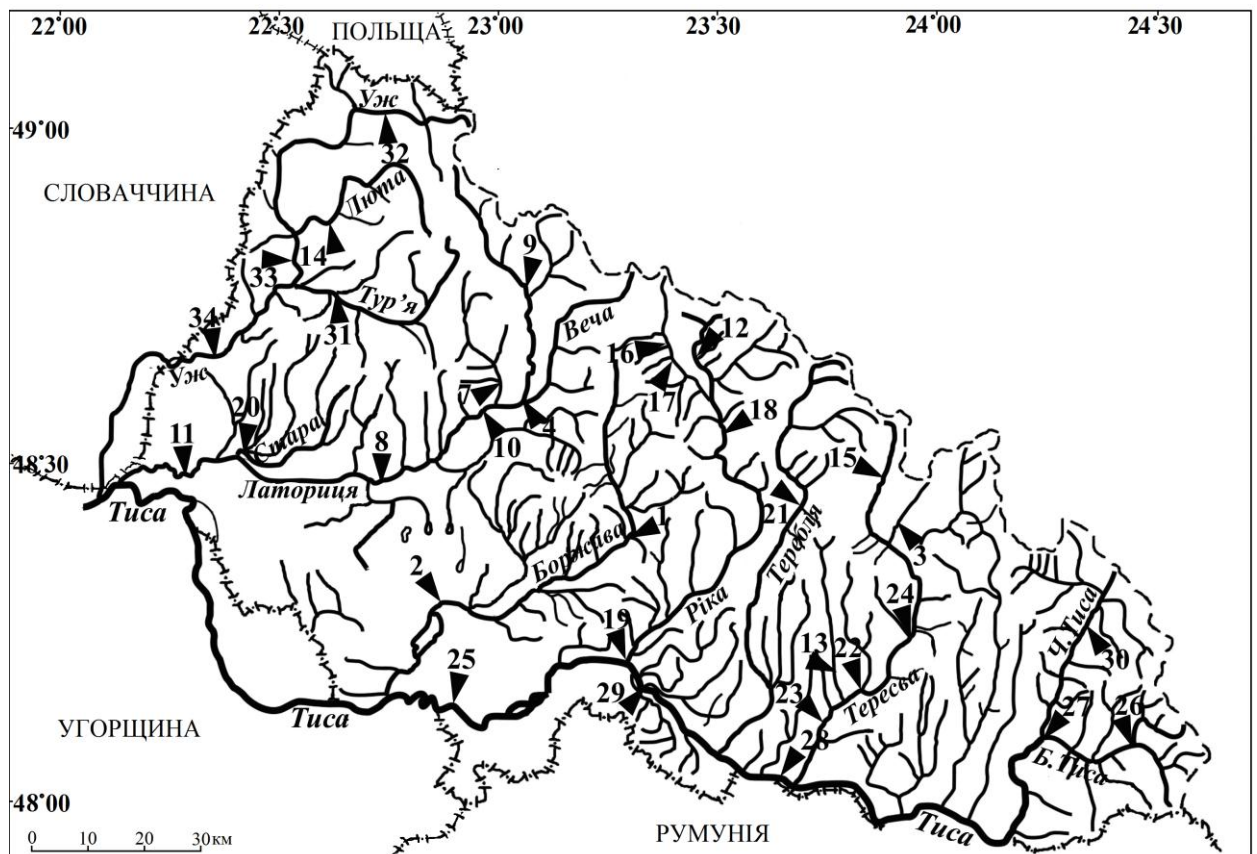


Рис. 1.2 Схема розташування гідрологічних постів на території
Закарпаття

Таблиця 1.2

Розподіл стокових пунктів в басейні річки Тиса (в межах України) за розміром площ водозборів

Характеристика	Площа водозборів, км ²					Усього
	≤100	101-500	501-1000	1001-5000	5001-10000	
Кількість постів	4	15	4	8	3	34
% від загальної кількості	6,8	44	11,8	23,5	8,9	100

Заплави річок переривчасті, зустрічаються на окремих ділянках вузькими смужками, рідко розширюючись до 100-150 м. Русла порожисті, вузькі (5-30 м), звивисті, захащені великими каменями, глибини порядку 0,2-1 м, береги русел круті і стрімчасті, висотою 1-3 м. Падіння їх значне, особливо в верхів'ях.

Тривалість спостережень всіх 34 пунктів від 26 до 64 років (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Кількість пунктів з різною тривалістю часових рядів спостережень за стоком річок

Характеристика	Тривалість спостережень, роки								Усього
	25-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	
Кількість постів	3	2	3	3	6	6	5	6	34
% від загальної кількості	8,8	5,9	8,8	8,8	17,6	17,6	14,7	17,6	100

Таблиця 1.4

Основні відомості про водозбори річок Закарпатської воднобалансової станції

№	Найменування водотоку	Найменування пункту спостережень	Відстань, км		Площа, км ²	Середня ширина, км	Середня висота, м	Середній ухил водотоку, ‰	Залісненість водозбору, %	Рік, місяць початку спостережень	Висота нулю графіку, м абс.
			від витоку	від устя							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	р. Ріка	с. В. Бистрий	15,0	77,0	165	11,0	920	40,0	64,0	X 1946	525,43
2	р. Ріка	м. Міжгір'я	28,0	64,0	550	20,3	800	24,3	41,0	I 1946	436,22
3	р. Лопушна	с. Лопушне (в)	5,40	4,80	13,2	2,40	925	96,3	93,3	VIII 1959	679,09
4	р. Лопушна	с. Лопушне (н)	9,40	0,80	37,3	3,90	897	63,2	78,4	VI 1959	599,61
5	р. Браніще	с. Лопушне	4,80	0,35	10,3	2,20	916	66,6	72,0	VI 1959	664,62
6	р. Зюбровець	с. Лопушне	2,30	0,06	3,20	1,40	871	168	90,6	VII 1959	656,33
7	р. Голятинка	с. Голятин	12,5	7,20	59,0	5,40	800	31,4	35,0	I 1955	542,81
8	р. Голятинка	с. Майдан	18,0	2,50	86,0	5,40	790	23,4	40,0	I 1956	497,53
9	р. Репінка	с. Ізки	3,70	16,1	103	27,9	799	19,5	17,9	X 1958	533,36
10	р. Репінка	с. Репіно	16,0	3,90	203	13,5	780	14,6	22,0	XII 1945	467,76
11	р. Студений	с. В. Студений	2,00	10,0	8,00	3,20	809	56,6	20,0	X 1958	671,50
12	р. Студений	с. Н. Студений	7,50	4,50	25,4	3,20	800	31,6	18,0	IV 1946	606,89

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	р. Пилипець	с. Подобовець	3,80	3,40	8,30	1,20	747	47,5	12,0	IX 1958	599,56
14	р. Пилипець	с. Пилипець	6,20	1,00	44,2	7,10	854	41,1	19,0	I 1956	610,12
15	стр. Плошанка	с.Пилипець(н)	9,20	0,04	19,9	2,20	983	91,0	28,7	V 1958	571,58
16	стр. Пили- пецький	с. Пилипець	5,00	0,16	5,70	1,10	1000	162	36,9	VIII 1958	614,38
17	стр. Йойковець	м. Міжгір'я	1,20	1,00	0,39	0,30	630	436	92,3	IX 1961	463,64
18	стр. Глибокий Яр	м. Міжгір'я	0,90	1,00	0,28	0,40	550	306	0,00	IX 1961	446,94

Верхні ділянки схилів гір покриті хвойними лісами (ялиця, ялина), нижче розташований пояс широколистяних лісів (бук, дуб, граб, береза). Ліс – зрілого віку, висотою 20-30 м. Залісеність окремих річкових басейнів, на яких розташована воднобалансова станція, змінюється в дуже великих межах – від 17% (р. Студена) до 95% (р. Бистра, р. Середній Звір, р. Нижній Звір), найчастіше вона становить 40-50%. Долини річок і струмків використовуються під сільськогосподарські угіддя, схили гір частково зайняті сінокосами.

Площі басейнів річок змінюються в значних межах – від 0,28-0,39 км² до 550 км².

Переважна більшість річок бере початок на висоті близько 1000 м абс., і тільки окремі річки стікають з більш високих або низьких місць. Витоки їх знаходяться на висоті 400-500 м абс. Падіння річок змінюються від 113 (р. Репінка) до 233 м (р. Плошанка).

Фізико-географічна неоднорідність території створює надзвичайну різноманітність термічного режиму. Часто, навіть безпосередньо межуючі райони і окремі ділянки під впливом різниці висот, форм рельєфу та інш., мають різні температурні умови. Найвищі температури повітря спостерігаються в липні, з середньою місячною температурою 16°C, хоча в окремі дні вона буває більшою за 30°C [116]. Відлиги спостерігаються впродовж всієї зими.

Опади на території станції випадають досить часто. Середня багаторічна сума опадів за рік становить на правобережжі 1000-1700 мм, на лівобережжі – 1300 мм, а в Міжгір'ї – 1180 мм. Переважають опади теплої пори року (70-75%). Максимум опадів припадає на червень, липень і серпень, мінімум – на березень.

Стійкий сніговий покрив встановлюється в другій половині грудня і зберігається до другої половини березня. Середня максимальна висота снігового покриву досягає 30-40 см. Середній запас води у снігу 80-90 мм.

Завдяки орографічним і кліматичним особливостям водний режим

річок досить складний. На річках відбуваються часті паводки, які характеризуються великою висотою й інтенсивністю. У літній період паводки викликаються дощами, а в зимово-весняний вони зазвичай мішаного живлення [15, 116].

Найбільш крупні річки (Ріка, Голятинка, Репінка) характеризуються порогами і порожистими ділянками, зустрічаються також осередки, останці, приплески і пляжі. Русла річок засмічені корчами, заломами лісу і буреломами. Дно нерівне, кам'янисте або галькове, місцями скельне. Береги заввишки 0,5-1,5 м, на окремих річках (Лопушна, Репінка, Тюшка) зливаються зі схилами долини, круті та обривчасті, місцями вони розмиваються, деякі укріплені кам'яною кладкою. Здебільшого береги задерновані, суглинкові, кам'янисті і хрящуваті [16, 70, 92].

Всі пункти спостережень обладнані гідрометричними містками і капітальними установками самописців рівня води берегового типу, за винятком самописця типу «Валдай» з добовим заводом. Одночасно виконувалися спостереження за рівнем води по контрольних постах пальового і рейкового типів в 8 і 20 год.

1.7. Руслоформування на річках Закарпаття

Особливості процесів руслоформування на гірських річках мають свою специфічність прояву, яка в більшості випадків, суттєво відрізняється від рівнинних водотоків. Перш за все це стосується значної кінетичності потоків гірських річок, різке зростання якої під час паводків (особливо активних) може за досить короткий час (години) суттєво змінити не лише характер прояву руслових процесів, а й обумовити формування іншого типу русла.

Крім того велике значення в прояві руслових процесів на гірських річках належить геолого-морфологічній будові їх водозборів. Остання обумовлює достатньо неоднорідну (скельні виходи, фліш, легкорозмивні

породи) структуру берегів та руслового алювію (від шару самовимощення, складеного гальково-валунним матеріалом до окремих безструктурних уламків на фоні скельного русла).

Разом з тим на вказаний перебіг подій в гірських потоках впливає яскраво виражена дискретність прояву руслових процесів, яка «забезпечує» особливі умови стійкості русел цих річок [80]

Гірські умови руслоформування мають значну інерцію прояву вниз за течією. Це призводить до утворення напівгірських русел річок. Визначальною особливістю цих водотоків є «змінний характер течії при зміні фаз водного режиму» [123]. Іншими словами, напівгірські русла мають достатньо спокійну течію в межень, яка перетворюється в бурхливий потік у паводки.

Вперше в ранг проблеми оцінки прояву руслових процесів на гірських річках поставив М.І. Маккавєєв [68], який вказав на «принципову відмінність руслоформуючої діяльності водних потоків в горах і на рівнинах». Суттєві узагальнення стосовно закономірностей прояву руслових процесів на гірських річках здійснили С.Т. Алтунін [4], В.Ф. Талмаза і А.М. Крошкін [117], В.В. Ромашин [105], З.Д. Копаліані, В.С. Цхададзе [57], Р. С. Чалов [123].

Р.С. Чалов сформулював основні особливості водних потоків в горах, виділив ранг напівгірських річок, запропонував класифікацію гірських річкових русел, виділив їх типи в залежності від уклонів та площ водозборів [123, 124].

Дослідження процесів руслоформування річок Карпатського регіону здійснювали М.Н. Бухін [11], Я.І. Каганов [49], О.Н. Кафтан [50, 51, 104], В.В. Онищук [88, 89]. Стосовно вітчизняних досліджень руслових процесів на гірських річках, то піонерною в цьому аспекті є колективна доповідь на IV Гідрологічному з'їзді (1973 р.) [104].

Останнім часом ціла низка досліджень руслових процесів на гірських та напівгірських річках була виконана науковцями Київського національного

університету імені Тараса Шевченка [22, 42, 44, 55, 81-85]. Отримані багаторічні результати досліджень дозволили запропонувати загальну схематичну послідовність аналізу руслових процесів на гірських річках.

Завершальною складовою аналізу руслових процесів на гірських та напівгірських річках є їх моніторинг, який складається з двох взаємопов'язаних процесів та моніторингу управління русловими процесами. Такий симбіоз дозволяє через отриману інформацію визначити як тенденції розвитку процесів руслоформування, так і планувати оптимальні підходи до їх регулювання [80].

Серед основних факторів (чинників) формування русел виділяють такі: річковий стік, геолого-геоморфологічну будову території, стік наносів, характер прояву ерозійних процесів на водозборі [69]. На значну увагу заслуговують техногенні чинники впливу на процеси формування русел. В гірських умовах до них належать розорювання території водозборів, зведення лісів, зростання рівня урбанізованості території у заплавах річок та особливо в їх водоохоронних зонах, розробка русловими і заплавленими кар'єрами, будівництво і експлуатація переходів транспортних комунікацій, захисно-регуляційних та інших гідротехнічних споруд [79].

У порівнянні з рівнинними річками, дія руслоформуючих факторів в гірських умовах має низку специфічних особливостей. І перш за все – це стосується таких моментів, як формування надзвичайно великої загальної кількості опадів (1000 мм і більше на рік) та інтенсивності їх випадіння (200 мм і більше за 2-3 доби), швидкопливного (за рахунок значних уклонів) стікання вод з басейну, а також у самому руслі, частих виступів важкорозмивних скельних порід у руслах річок, які блокують вільний розвиток руслових процесів, наявності локальних звужень водопропускних коридорів [80].

Домінантним фактором, який обумовлює характер розвитку та інтенсивність прояву руслових деформацій є водний потік. Водність потоку є прямою похідною від величини зволоженості території басейну річок.

Разом з тим система гірських Карпат знаходиться в самій активній композиції на шляху переміщення вологих повітряних мас з Атлантики. Внаслідок цього відбувається інтенсифікація зливових дощів. Вони досить часто охоплюють одночасно значну територію регіону. Добові кількості опадів можуть досягати при цьому 2-3 місячних норм (150-250 мм) [43, 113].

Стабілізуючу роль щодо інтенсивності прояву руслових деформацій відіграють виходи кристалічних порід на денну поверхню [10]. Виходи скельних порід захищають береги від розмиву й руйнації різних споруд і комунікацій.

У нижніх течіях річок переважають осадові відклади [23], що дає можливість їх вільно меандрувати у межах широких долин, розгалужуватися на рукави або блукати від одного берега до іншого в залежності від дії природно-антропогенних чинників [84].

У результаті взаємодії перерахованих чинників формується загальний ерозійно-кумулятивний процес у вигляді фактора безперервно-дискретного транспортування наносів. Дослідженнями встановлено [78], що загальна схема транспорту наносів на річках басейну Тиси має наступну послідовність: активний розмив і безструктурне переміщення наносів у верхів'ї, ерозійно-аккумулятивні процеси на фоні структурного транспорту наносів в середній течії – переважання аккумулятивних процесів на фоні меандрування, розгалуження або блукання русла в нижній течії (у пригорловій частині більшості річок).

Крім зазначених вище чинників, на руслові процеси гірських річок можуть суттєво впливати ще й такі природні фактори, як механічний склад ґрунтів, залісеність територій, активність геологічних процесів (зсуви, обвали, осипи), селеві явища.

Суттєво впливає на сучасні умови формування русел річок Українських Карпат господарська діяльність. Цю діяльність можна розділити на дві групи – безпосереднього і опосередкованого її впливу на хід руслових процесів [80].

1.8. Водогосподарська діяльність на території Закарпаття

Важливим чинником впливу на гідрологічні характеристики річок є господарська діяльність, пред усім водоспоживання і водовідведення. Облік водоспоживання і водовідведення здійснюється Держводгоспом України. Основою для узагальнень є відомості, що подають окремі підприємства.

Протягом десятиріч, аж до кінця 1980-х років, водоспоживання в Україні невинно зростало. Це було спричинено збільшенням промислового і сільськогосподарського виробництв, збільшенням чисельності міського населення, поліпшенням його соціально-побутових умов [17].

Водні ресурси Закарпаття використовуються для гідроенергетики, рибництва, водопостачання, лісосплаву, гідромеліорації і бальнеології. Внаслідок значної мінливості режиму і шкідливих стихійних явищ (повеней) освоєння річок вимагає їх регулювання, берегоукріплення і т.п.

Лісосплав на річках Закарпаття відбувається здавна; широко він почав використовуватися на початку XIX ст., досягнувши найбільшого обсягу в 10-30-х роках XX ст. Сплав здійснювався по Чорній Тисі, Тересві, Терєблї й інших гірських річках. У 30-40-х роках лісосплав почав зменшуватися у зв'язку зі збільшенням перевезень лісу вузькоколійними залізницями [93].

Енергія води також здавна використовувалася для гідромеханічних установок (водяних млинів й ін.). Вони зустрічалися майже на всіх обжитих річках. Потужність їх була невеликою – 36-72 МДж. До 40-х років кількість таких установок досягала 600-800 із загальною потужністю 36-50,4 ГДж. Окремі установки мали електрогенератори. У 1941 р. на р. Уж була побудована ГЕС потужністю 16,2 ГДж.

У 1946-1950 рр. побудовано біля 40 сільських ГЕС. З часом почали споруджуватися потужні електростанції. У басейні Тиси було 17 ГЕС, враховуючи найбільш потужну в Карпатах – Терєбле-Рікську (97,2 ГДж), побудовану в 1958 р., а також Тур'я-Рєметську (1,3 ГДж). Крім того,

діяло декілька сотень гідромеханічних установок загальною потужністю до 72 ГДж.

На території Закарпаття є всі можливості для розвитку річкового і ставкового рибиництва. У закарпатських річках можна розводити багато видів іхтіофауни: форель (струмкову і райдужну), дунайського лосося, марену, судака, голавля, сома, сазана й ін.

На гірських річках найбільший інтерес представляє вирощування форелі в природних і штучних умовах. Перші спроби в цьому напрямку були проведені в кінці XIX ст., а на початку XX ст. побудовані перші форелеві заводи, що відіграло позитивну роль в збільшенні запасів цієї риби. В цей же час виникло товарне розведення форелі.

Але потенційні можливості річок використовуються далеко не повністю. Значної шкоди рибиництву наносить засмічення деяких річок стічними водами, з великою концентрацією твердого матеріалу (внаслідок змивання ґрунтів з ділянок, що збезлісились, а також випасу худоби).

На більшій частині території запаси підземних і поверхневих вод достатні для задоволення потреб у водопостачанні не лише на сьогодні, але й у майбутньому.

На території Закарпаття зустрічаються гідрокарбонатні, залізисті та інші цінні джерела мінеральних вод, які вже широко використовуються. У долинах гірських річок розташовані санітарно-курортні установи: «Моршин», «Карпати», «Синяк». Це свідчить про значні можливості використання вод Закарпаття в бальнеологічних цілях.

Природні можливості водних ресурсів і перспективи розвитку економіки Закарпаття дозволяють відмітити чотири основні групи комплексу використання вод [54, 140]. У першу до них включені водосховища, а також тимчасові водотоки і річки, придатні для створення на них ставків (більшість річок передгір'я, з площами водозборів до 200 км² і гірські річки з площами до 100 км²). Основною областю використання тут є рибиництво, а супровідною – розведення водоплавних птахів і, частково,

водопостачання і зрошування.

До другої групи відноситься більшість великих річок, переважно в гірській частині району (р. Тиса, р. Тересва). Основним видом використання тут є енергетика, а супутніми – рибництво і водопостачання. Тиса – річка не судноплавна, але розроблявся проект будівництва річкового порту у м. Чоп і включення Тиси і м. Чоп до складу VII Паневропейського водного транспортного коридору [52].

До третьої групи відносяться рівнинні ділянки великих річок, де основним видом використання є рибництво, а супутніми – водопостачання і гідромеліорація. Тут потрібні також заходи щодо захисту території від затоплення.

Четверта група включає річки (ділянки річок), долини яких надмірно зволожені (р. Латориця). Основний вид використання – гідромеліорація, супровідний – рибництво.

На даний час у Закарпатті найбільшими водокористувачами є сільське і житлово-комунальні господарства та промисловість.

В останні роки спостерігається тенденція до зменшення об'ємів використання свіжої води. Зменшення використання свіжої води відбувається в основному за рахунок скорочення кількості використаної води на промислові потреби [54]. Найбільшими споживачами свіжої води є м. Ужгород (11,4 млн. м³), м. Мукачеве (6,797 млн. м³), Мукачевський (6,782 млн. м³) та Ужгородський (4,449 млн. м³) райони [47, 48].

Забруднюючі речовини, які зумовлюють погіршення якості води, надходять у водні об'єкти в результаті точкових скидів стічних вод від об'єктів промисловості, сільського господарства, будівництва, торгівлі, комунального господарства тощо, а також у результаті їх змиву з тих же об'єктів, територій населених пунктів.

Внаслідок аварійних ситуацій на системах магістральних трубопроводів, розташованих на території Закарпаття, а саме: нафтопроводу "Дружба", нафтопродуктопроводного об'єкту – 243 Прикарпатського

управління "Прикарпаттранснафто-продукт", етиленопроводу виробничого управління "Хлорвініл", системи магістральних газопроводів "Братерство", "Союз", "Прогрес", "Уренгой-Помари-Ужгород" забруднення вод може різко зростати [48].

1.9. Мінералізація вод річок Закарпаття

Спостереження за гідрохімічними показниками води у Закарпатті здійснюються на 39 гідрологічних постах, у тому числі на 9 – вище і нижче населених пунктів, а в одному, навіть у трьох точках (р. Латориця – м. Мукачеве). Кількість проб, що відбирались для проведення хімічних аналізів за багаторічний період коливається від 11 (р. Ріка – с. Майдан) до 422 (р. Уж – м. Ужгород, вище населеного пункту) [27].

Не зважаючи на те, що по мінералізації води річок накопичені численні матеріали спостережень, систематизовані узагальнення у багатьох випадках майже відсутні [28] та у дослідників виникають суттєві науково-методичні труднощі при узагальненні результатів у часі і просторі. Автори [28] задля вирішення цієї проблеми скористалися досвідом О.А. Алекіна [1]. Запропонований ним метод полягає у встановленні залежності між середньорічною мінералізацією I і витратами води Q по всіх постах, де здійснювався відбір проб. Описуються вони рівнянням лінійного вигляду [28]

$$I = a - bQ, \quad (1.1)$$

де a і b – емпіричні параметри, що підлягають визначенню.

Параметр a , який фізично характеризує величини мінералізації води у кожному пункті спостережень змінюється у межах Закарпаття від 114 мг/дм³ (стр. Йойковець – смт Міжгір'я, $F=0,39$ км²) до 219 мг/дм³ (р. Тиса – м. Чоп;

$F = 33000 \text{ км}^2$). Слід звернути увагу на значну мінливість мінералізації води малих водотоків на досить обмеженій території, якою є Закарпатська водно-балансова станція (р. Пилипець, $F = 44,2 \text{ км}^2$ і р. Студений, $F = 25,4 \text{ км}^2$, а також струмки Йойковець $F = 0,39 \text{ км}^2$ і Глибокий Яр, $F = 0,28 \text{ км}^2$). Щодо параметра b , то він коливається у ще більшому діапазоні. Високі абсолютні значення b свідчать про високу водооновлювальну дію поверхневого припливу води до руслової мережі в періоди весняних водопіль і дощових паводків. Навпаки, дуже низька величина b по р. Тиса – м. Чоп (усього – 0,001) є доказом того, що поверхневий приплив майже не впливає на мінералізацію води у річці. Розбіжність в коефіцієнтах кореляції r по об'єктах регіону в цілому висока – від 0,65 (р. Ріка – с. Майдан) до 0,009 (р. Тиса – м. Чоп). Але у своїй більшості r є значущими. Середня квадратична похибка по річках Закарпаття становить 8,7%, що знаходиться у межах точності вихідної інформації як по витратах води, так і по їх мінералізації [27].

Спираючись на параметри залежності (1.1) та щоденні витрати води, були відновлені по всіх пунктах відбори проб мінералізації I , а також обчислені їх середньомісячні і середньорічні характеристики.

Інтерес, з екологічної точки зору, представляють результати порівняння параметрів a і b у межах населених пунктів. Зокрема,

$$a_H = 1,0056a_{\epsilon}; r = 0,70, \quad (1.2)$$

де a_H – мінералізація води нижче населених пунктів;

a_{ϵ} – мінералізація води вище населених пунктів.

Коефіцієнт регресії в рівнянні (1.2) є доказом того, що населені пункти у Закарпатті суттєво не впливають на мінералізацію води. Параметр b на нижніх і верхніх ділянках населених пунктів описується рівнянням

$$b_H = 0,85b_e; r = 0,95 \quad (1.3)$$

З (1.3) видно, що у межах населених пунктів водооновлення відбувається повільніше, ніж на ділянках річок, що знаходяться вище за течією.

У своїй більшості, параметр a_e знаходиться на рівні 200 мг/дм³, за виключенням підвищених значень (до 250 мг/дм³) у верхів'ях річок Тересва, Шопурка, Ріка, Веча, у середній течії річок Латориця, Люта. В цілому параметр b_e зменшується у напрямку з північного заходу і півночі на південь і південний схід, переважно від 2,0-3,0 до 0,5.

Систематизація розрізнених результатів хімічних аналізів проб води річок Закарпаття дозволила встановити значимі залежності мінералізації від витрат води.

Визначені середні багатолітні фонові значення мінералізації в період 1961-2007 рр. не виявили суттєвого порушення стаціонарності її часових рядів. Параметр a_e , який співпадає з a_H , свідчить про несуттєвий вплив на мінералізацію води населених пунктів у Закарпатті. Змінюється a_e , а таким чином і a_H по території у межах 200-250 мг/дм³. Населені пункти дещо знижують інтенсивність водооновлення за рахунок припливу поверхневих вод на ділянках «вхід-вихід» з них [27].

Результати дослідження фонових величин мінералізації води річок Закарпаття мають велике практичне значення при організації системи екологічного моніторингу, в першу чергу, на трансграничних річках.

Висновки за розділом

Досліджувана територія Закарпаття входить до складу гірської країни Українські Карпати. Межує з чотирма країнами: Польщею, Словаччиною, Угорщиною та Румунією. Клімат континентально-європейський,

визначається загальною циркуляцією атмосфери над Європою і широтою місцевості. Ґрунти представлені у гірській частині в основному буриземами, місцями гірсько-торфовищами. У передгірській зоні, низовині і улоговинах панують дерново-опідзолені, дерново-глеєві ґрунти. Значну ґрунтозахисну та водорегулюючу роль відіграють ліси, які займають 48% території басейну р. Тиса, найбільш поширеними є ялинкові, букові і дубові.

Вивчення природних умов Закарпаття розпочалось у XVII сторіччі, але до 1945 року воно не було комплексним і проводилось виключно в інтересах господарського використання природних ресурсів регіону.

Українська частина басейну р. Тиса відноситься до Західно-Карпатського гідрологічного району. Живлення всіх річок має змішаний характер. Водність річок характеризується великою нерівномірністю на протязі року і в багаторічному розрізі. Характер розподілу стоку річок протягом року на досліджуваній території майже однаковий.

На момент розглядаємого проміжку часу в межах Закарпатської області була використана мережа постів у кількості 34 об'єктів. Матеріали спостережень Гідрометслужби за гідрологічним режимом річок охоплюють період від початку спостережень і по 2010 рік, включно. Водозбірні площі мають діапазон від 0,28 до 7690 км², їх висоти знаходяться у межах від 300 до 1200 м, а тривалість часових рядів має діапазон від 26 до 62 років.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ РІЧНОГО СТОКУ

2.1. Визначення норм річного стоку за наявності тривалих рядів спостережень

Норма річного стоку $\bar{Q}_n$, як будь-яка середня арифметична величина статистичного ряду Q_i , може бути визначена за формулою [111]

$$\bar{Q}_n = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{n-1} + Q_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (2.1)$$

де n – тривалість часових рядів спостережень.

Відповідно до теорії похибок, величина $\sigma_{\bar{Q}_n}$, на яку відрізняються середні значення річного стоку за n років від істинної норми $\bar{Q}_n$ при $n \rightarrow \infty$, дорівнює

$$\sigma_{\bar{Q}_n} = \frac{\sigma_Q}{\sqrt{n}}, \quad (2.2)$$

де σ_Q – середнє квадратичне відхилення поодиначних значень річного стоку Q_i від середнього за n років.

Визначається σ_Q за формулою

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_n)^2}{n-1}}. \quad (2.3)$$

Для порівняння точності визначення норми стоку річок різної водності користуються відносним значенням середньої квадратичної похибки, а саме

$$\sigma_{\bar{Q}_n} = \frac{\sigma_Q}{\bar{Q}_n \sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{Cv}{\sqrt{n}} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

де $Cv = \sigma_Q / \bar{Q}_n$ – коефіцієнт варіації річних значень стоку за n років [5, 38].

Тривалість періоду спостережень вважається достатньою, якщо він репрезентативний, а відносна середня квадратична похибка не перевищує 10% [91].

За наявності внутрішньорічної скорельованості даних у часових рядах Q_i

$$\sigma_{\bar{Q}_n} = \frac{100Cv \cdot \sqrt{(1+r)/(1-r)}}{\sqrt{n}}, \quad (2.5)$$

де r – коефіцієнт кореляції між членами ряду, який дорівнює [25]

$$r = \left[\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q})(Q_{i+1} - \bar{Q}) \right] / \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^{n-1} (\bar{Q}_{i+1} - \bar{Q})^2}, \quad (2.6)$$

Q_{i+1} , Q_i – відповідно наступне та попереднє значення вихідного ряду.

Враховувати r при обчисленні похибки $\sigma_{\bar{Q}_n}$ потрібно тоді, коли внутрішньорядна зв'язаність стокових значень істотна [25]. Якщо коефіцієнт кореляції між суміжними членами ряду мало відрізняється від нуля, то σ_Q обчислюються за формулою (2.3).

2.2. Визначення норм річного стоку при коротких рядах спостережень за гідрологічним режимом річок

При розрахунку норми річного стоку і величин його різної забезпеченості часто мають місце короткі ряди спостережень, тривалість яких не забезпечує отримання результату з потрібною точністю ($5 \leq 10\%$) [91]. У цих випадках середній річний стік, отриманий за наявним коротким рядом, повинен приводитися до розрахункового (багатолітнього) періоду за річками-аналогами, які мають тривалі ряди спостережень, що забезпечують потрібну точність, а коливання річного стоку узгоджуються з коливаннями його в розрахунковому періоді [122].

Головними і найбільш об'єктивними критеріями правильності вибору аналогів є синхронність коливань річних модулів стоку і достатньо тісний корелятивний зв'язок стоку за роки одночасних спостережень на досліджуваному водозборі і його аналогу.

Приведення до багатолітнього періоду може бути зроблено за встановленою графічною або аналітичною залежністю річного стоку річок з короткими і тривалими рядами спостережень.

Зв'язок вважається задовільним для практичних розрахунків, якщо відхилення більшої частини точок не перевищують 15% і коефіцієнт кореляції їх $r \geq 0,8$ [91].

Відповідно до теорії похибок, сумарна похибка для пункту, що приводиться, дорівнює [25],

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad (2.7)$$

де σ_1 – похибка середньої величини в опорному пункті тривалістю n років; σ_2 – похибка кореляції (зв'язку) стоку за період одночасних спостережень n , що дорівнює

$$\sigma_2 = \frac{Cv_2 \sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n}}, \quad (2.8)$$

Cv_2 – коефіцієнт варіації річного стоку в створі, що приводиться за період одночасних спостережень; r – коефіцієнт кореляції зв'язку річного стоку в обох створах; n – кількість років одночасних спостережень.

Похибка норми стоку, встановленої за допомогою двох зв'язків, дорівнює [25]

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2}, \quad (2.9)$$

де σ_3 – похибка корелятивного зв'язку стоку в першому і другому опорних пунктах, послідовно взятих за аналог.

В залежності від вигляду зв'язку, що застосовується для приведення середнього річного стоку за короткий період спостережень до багатолітньої розрахункової норми, можуть мати наступні випадки:

1. Зв'язок прямолінійний, проходить через початок координат і записується рівнянням

$$\bar{q} = \alpha \bar{q}_\alpha, \quad (2.10)$$

де $\bar{q}$ і $\bar{q}_\alpha$ – багатолітня норма річного стоку розрахункової річки і річки-аналога; α – тангенс кута нахилу прямої відносно осі аналога.

Такий зв'язок має місце у випадках, коли коливання річного стоку в обох пунктах приблизно однакові і Cv їх близькі між собою.

В цьому випадку :

$$\bar{q} = \frac{q_{сеп}}{K_\alpha}, \quad (2.11)$$

де K_α – середній модульний коефіцієнт або коефіцієнт водності короткого періоду спостережень відносно багатолітньої норми по річці-аналогу.

2. Зв'язок прямолінійний, але лінія зв'язку не проходить через початок координат, а відсікає деякий відрізок b на одній з осей координат.

В цьому випадку розрахункова норма річного стоку річки з коротким рядом спостережень також визначається безпосередньо по багатолітній нормі річного стоку річки-аналога, але користуючись графіком зв'язку.

3. При наявності паралельних спостережень в двох пунктах впродовж 10-15 років і більше та значенні коефіцієнтів кореляції річного стоку в двох створах не менше 0,8 приведення середньої величини короткого ряду до багатолітнього періоду може бути виконано за рівнянням регресії [25].

4. У випадку, коли по річці-аналогу середні значення стоку за короткий і тривалий періоди однакові, приведення до норми не виконується, бо незалежно від того, який вигляд має зв'язок між стоком обох річок, середній стік, отриманий по розрахунковій річці за короткий час, не зміниться.

5. При великих відмінностях C_v в обох пунктах (більш, ніж на |20-30|%) застосовується спосіб суміщення кривих забезпеченості річного стоку, при якому ймовірність перевищення річного стоку за конкретні роки приймається однаковою для обох створів.

6. У випадку, коли в даному фізико-географічному районі немає ні одного опорного пункту з тривалим рядом спостережень за стоком, приведення короткого ряду до багатолітньої норми може бути виконано по зв'язках річного стоку з метеорологічними величинами – опадами і дефіцитом вологості [38].

2.3. Визначення норм річного стоку за відсутності наявних спостережень за гідрологічним режимом річок

За відсутності систематичних вимірювань стоку і відповідно часових рядів норма стоку визначається непрямыми методами. В основу непрямих методів покладені дослідження факторів формування річного стоку, територіальні узагальнення та географічна інтерполяція його характеристик. Найпоширеніші – карти норми річного стоку (модулів або шарів). Побудування карт ізоліній річного стоку ґрунтується на положенні А.І. Воєйкова і Е.М. Ольдекопа [38] про те, що середній річний стік є функцією переважно кліматичних факторів, які мають зональний розподіл. Враховуючи істотний вплив на річковий стік місцевих та антропогенних факторів, при складанні карт використовують тільки ті матеріали, які відносяться до середніх площ водозборів. Принципова можливість побудови карт норми річного стоку впливає безпосередньо з рівняння водного балансу. Для врахування місцевих факторів (розміру водозборів, лісистості, заболоченості, зарегульованості карстом та інш.) багатьма авторами запропоновані таблиці відповідних поправок. У гірських районах, де як правило, має місце висотна поясність у зміні річного стоку, спостерігається зростання норми з висотою, тому розрахункові схеми базуються на залежностях $\bar{q}$ від середньої висоти водозборів $H_{сер}$. Цей метод отримав широке визнання і застосовується у дослідженнях водних ресурсів гірських районів по всьому Світу [18].

2.4. Особливості вологообігу та закономірності формування водного балансу в горах

Гірські системи за умовами формування гідрометеорологічного режиму істотно відрізняються від рівнинних територій. Ця відмінність проявляється у

величині зволоження і нагрівання. Гори одержують більше вологи і менше тепла, ніж рівнини, що їх оточують, а тому інтенсивність вологообігу тут більша [3]. Зволоження і температурні умови в горах визначаються станом повітряних мас та характером гірських споруд. Тому тут ступінь зміни вологообігу і трансформації повітряних мас визначаються не тільки географічною широтою, а й висотою місцевості над рівнем моря та рельєфом. З висотою змінюється атмосферний тиск, температура, вологість повітря, радіаційний баланс, опади, вітер, тощо. В горах ці зміни зазнають впливу рельєфу, а саме: висоти і напрямку гірських хребтів, експозиції та крутизни схилів, довжини, ширини і відстані між суміжними хребтами [52].

Гірські системи є значною перешкодою на шляху повітряних мас. Зустрічаючи гірську споруду, повітряний потік змушений перевалювати через неї або обминати її. Під час перевалювання повітря піднімається, адіабатично охолоджується і на певній висоті досягає стану насичення. Ця висота називається рівнем конденсації і є нижньою межею утворення хмар. Переваливши через хребет, повітря може опускатися, адіабатично нагріватися і ставати ненасиченим. Тому розрізняють схили навітряні (з максимальним зволоженням) і підвітряні (з мінімальним зволоженням). Цим зумовлюється асиметрія в розподілі опадів, стоку і випаровування. Ця закономірність дала б можливість легко аналізувати і розраховувати величину атмосферних опадів, якби перенесення повітря відбувалося тільки в одному напрямку. За певних погодних умов і певній атмосферній циркуляції перенесення може бути навіть протилежним і тоді навітряний схил стає підвітряним. Якщо враховувати, що опади в горах переважно конвективного походження, не зв'язані з висотою, то розподіл опадів тут досить складний.

На розподіл температури істотно впливає також експозиція схилів. Схили південної експозиції отримують у декілька разів більше тепла, ніж північні. Цим зумовлена асиметрія в розподілі температури і вологості повітря та випаровування.

Певне поєднання тепла і вологи по висотних поясах зумовлює утворення певних видів ландшафтів і їх висотної поясності, відповідно до яких гори поділяють на низькі, середньо високі та високі. Кліматичні особливості низьких гір і сусідніх рівнин дуже близькі. Для незначних висот переважає значення мають форми рельєфу. Високі гори зазнають найбільшого впливу вільної атмосфери, а середньо високі гори Карпат знаходяться під переважаючим впливом вертикальних повітряних потоків.

Процес волого- і теплообміну між атмосферою і підстильною поверхнею протікає безперервно упродовж року зі змінною інтенсивністю. Інтенсивність випадання опадів змінюється від нуля до 10-20 мм/хв і більше. Стік на непересихаючих річках відбувається безперервно також з різною інтенсивністю. Інтенсивність випаровування має добовий (максимум – удень, мінімум – вночі) і річний (максимум – улітку і мінімум – узимку) хід. Інтенсивність сніготанення також має добовий хід у відповідності з величиною надходження тепла до поверхні. Всі ці процеси тісно пов'язані між собою і з елементами теплового балансу [52].

2.4.1. Метод водного балансу. Теоретичною основою водообміну між атмосферою і діяльною поверхнею водозборів є рівняння водного балансу.

Прихідну частину становлять опади (X), а витратну – випаровування (E), поверхневий ($Y_{пов}$) та підземний ($Y_{пцд}$) стік. Під E розуміється результат випаровування за винятком конденсації, яка здебільшого дуже мала порівняно з іншими прихідно-витратними компонентами рівняння водного балансу. Зміни запасів вологи в ґрунтах басейну, а також у русловій мережі враховуються додатковим об'ємом $\pm \Delta W$. У підсумку рівняння водного балансу для будь-якого часу записується так:

$$X = E + Y_{пов} + Y_{пцд} \pm \Delta W \quad (2.12)$$

Сума ($Y_{пов} + Y_{пцд}$) – це сумарний стік y , з урахуванням якого (2.12) буде мати більш загальну структуру:

$$X = E + Y \pm \Delta W \quad (2.13)$$

Для багаторічного періоду зміна запасів води в межах річкового водозбору наближається до нуля (тобто $\pm \Delta \bar{W} = 0$), а опади, випаровування та стік будуть відноситись до їх середніх значень – $\bar{X}$, $\bar{E}$ та $\bar{Y}$. Тоді

$$\bar{X} = \bar{E} + \bar{Y} \quad (2.14)$$

У гідрологічній практиці рівняння водного балансу широко застосовується не тільки для ув'язки та контролю його складових, а й для визначення невідомих і важковимірюваних величин [25].

2.4.2. Визначення норм річного стоку по річних опадах. Сучасний стік річок України зазнає значного антропогенного впливу, прикладами якого є будівництво ставків та водосховищ, зрошування сільськогосподарських земель водами місцевих водотоків та водами річок-донорів, осушування перезволожених земель та інше. Для визначення характеристик стоку у природних умовах доцільно використовувати метеорологічні дані, оскільки вони не підпадають під вплив водогосподарської діяльності та мають більшу тривалість у часі [36]. Перші спроби узагальнення даних за середнім річним стоком були проведені у кінці XIX та на початку XX ст. в Західній Європі й були спрямовані на дослідження зв'язку середнього річного стоку з середніми річними сумами опадів. Отримані емпіричні формули виражали лінійний зв'язок стоку з опадами у вигляді [21]

$$\bar{y} = (\bar{x} - x_1) \cdot \eta, \quad (2.15)$$

де $\bar{y}$ – середній річний стік; $\bar{x}$ – середні річні опади; x_1 – мінімальні річні опади, при яких в даних кліматичних умовах виникає стік; η – коефіцієнт стоку за відношенням до надлишку опадів над їх мінімальною

сумою x_1 . Серед них відомі формули А. Пенка (1896 р.) та Г. Келлера (1906 р.) [131, 136-138].

Більш загальний характер зв'язку стоку з опадами відображений у формулі П. Шрайбера (1904 р.), яка має вигляд [139]

$$y = x \cdot 10^{\frac{\alpha}{x}}. \quad (2.16)$$

Між тим стік залежить не тільки від опадів, але й від стану вологості повітря. Першим спробував ввести у формулу випаровування і стоку ще один фактор, крім опадів, а саме максимально можливе випаровування, яке залежить від стану вологості повітря, Е.М. Ольдекоп (1911 р.) [87].

Теоретичні формули Е.М. Ольдекопа і П. Шрайбера підтвердилися і в дослідженнях М.І. Будики (1956) [12].

Розвитком і уточненням досліджень Е.М. Ольдекопа є формула М.О. Веліканова – Д.Л. Соколовського [15], яка виражає залежність коефіцієнта стоку α від дефіциту вологості повітря:

$$\alpha = 1 - f(d). \quad (2.17)$$

Метод розрахунку випаровування з поверхні басейну, розроблений П.С. Кузіним [63] в 1931 р., заснований на припущенні щодо пропорційності величини випаровування з поверхні басейну в зоні достатнього зволоження дефіциту вологості повітря.

Для зони недостатнього та нестійкого зволоження часто застосовується метод випаровування з поверхні суші, розроблений Б.В. Поляковим [94-96].

Перевірка методу Б.В. Полякова, яку провів А.Р. Константинов [56] для різних умов підстилюючої поверхні і різних географічних зон, показала призменшення величини випаровування, визначеної за цим методом, на 20-40% для всіх географічних умов.

2.4.3. Визначення норм річного стоку з використанням рівняння теплового балансу. В горах спостерігається чітка зміна температури і вологості повітря з висотою в теплий період року і за рік у цілому. В приземному шарі температура і вологість повітря тісно пов'язані з режимом сонячної радіації. Хоча надходження її в Карпатах збільшується з висотою приблизно на 10% на кожні 100 м, проте ефективне випромінювання Землі зростає ще більше [52]. Зменшення радіаційного балансу з висотою спричиняє зменшення температури і вологості в цьому напрямку.

У формуванні висотної поясності опадів переважна роль належить циркуляційному чиннику, а у формуванні розподілу температури, вологості повітря і випаровування – радіаційному [112].

Більш обґрунтованим з фізичної точки зору методом розрахунку випаровування є метод М.І. Будики [12-14], заснований на рівнянні теплового балансу підстилюючої поверхні. Це рівняння може бути записане в загальному вигляді так:

$$R = Lz + P + A, \quad (2.18)$$

де R – радіаційне надходження тепла або так званий радіаційний баланс; Lz – витрата тепла на випаровування; L – прихована теплота випаровування; P – турбулентний обмін між атмосферою і підстилюючою поверхнею; A – теплообмін між підстилюючою поверхнею і ґрунтами.

Так як в середньому за рік величина A , яка має різні знаки в окремі періоди, представляє в сумі незначну величину, рівняння теплового балансу ділянки суші за рік може бути записане у вигляді

$$R = Lz + P \quad (2.19)$$

Відношення величини випаровування до опадів z/x змінюється від малих величин в зоні надлишкової зволоженості до одиниці – в зоні пустель, де всі опади фактично витрачаються на випаровування, тобто $z = x$.

Відношення витрат тепла на випаровування до опадів R/Lx змінюється в межах від нуля (в зоні надлишкового зволоження) до значних величин (в межах до ∞) в зоні пустель. Відповідно можна записати

$$\frac{z}{x} = f\left(\frac{R}{Lx}\right). \quad (2.20)$$

Вираз (2.20) М.І. Будико назвав рівнянням зв'язку теплового та водного балансів, а співвідношення R/Lx – індексом сухості, який характеризує ступінь зволоженості та теплозабезпеченості території і який змінюється від 0,10 й менше (в районах надлишкового та достатнього зволоження) до 2,5-3,0 – у пустелях.

2.4.4. Метод водно-теплового балансу. Рівняння водного балансу водозбору можна представити також в наступному вигляді [35]

$$kX + (\omega_1 - \omega_2) = E + Y, \quad (2.21)$$

де kX – сума атмосферних опадів, виправлена на їх недооблік опадомірними приборами; $(\omega_1 - \omega_2)$ – змінення вологозапасів в діючому шарі ґрунту за розрахунковий проміжок часу; E – сумарне випаровування з поверхні суші; Y – шар стоку з водозбору.

В рівнянні водного балансу водозбору (2.21) міститься такий елемент процесу вологообміну, як сумарне випаровування, інтенсивність якого залежить від теплоенергетичних ресурсів клімату. Це обумовлює необхідність розглядати водний баланс сумісно з тепловим балансом земної поверхні [118].

При сумісному розгляданні рівнянь водного і теплового балансів ділянки суші, результатом виразом, отриманим В. С. Мезенцевим [72], є співвідношення вигляду

$$Y = kX + \omega_1 - \omega_2 - E_m \left[1 + \left(\frac{kX + \omega_1 - \omega_2}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-1/n}, \quad (2.22)$$

де n – параметр, який характеризує умови стокоутворення в межах конкретних водозборів.

Сучасний стік річок України зазнав значного антропогенного впливу. У наш час до водогосподарських перетворень додалася така складова як глобальне потепління, що відбувається у результаті зростання вмісту парникових газів у атмосфері [34, 58, 135].

Для визначення характеристик стоку у природних умовах доцільно використовувати метеорологічні дані, оскільки вони не підпадають суттєво під вплив водогосподарської діяльності та мають більшу тривалість у часі при порівнянні з гідрологічними й визначаються на базі більш розвиненої мережі спостережень [65]. Основою розрахунків стоку за метеорологічними даними є балансові методи. Моделі розрахунків стоку, на вході яких використовуються метеорологічні дані, отримали назву «клімат-стік».

Досить перспективним для створення таких моделей визнано балансовий підхід, який базується на сумісному розгляді рівнянь водного та теплового балансів підстильної поверхні. Метод водно-теплового балансу у модифікації В.С. Мезенцева [40, 72] для умов України реалізовано на кафедрі гідрології суші Одеського державного екологічного університету під керівництвом професорів Є.Д. Гопченка та Н.С. Лободи [33, 119].

Матеріалами, необхідними для визначення кліматичної норми річного стоку, є складові радіаційного та теплового балансів підстильної поверхні за багаторічний період, а також середні багаторічні дані по опадах та температурах за календарні місяці й роки [66].

За даними метеорологічних станцій України Є.Д. Гопченко та Н.С. Лобода [35] запропонували регіональну залежність величини $\bar{E}_m$ від температурних характеристик літнього періоду, коли переважає антициклоніальна погода з малою хмарністю і слабкими вітрами

$$\bar{E}_m = 13,3 \sum_V^{IX} \bar{T}_M - 307, \quad (2.23)$$

де $\sum_V^{IX} \bar{T}_M$ – сума середніх місячних температур повітря за літній період (з травня по вересень, включно). Коефіцієнт одержаного рівняння парної регресії дорівнює $0,94 \pm 0,01$ [66].

Найбільші норми річних сум опадів спостерігаються у Карпатах. На півночі рівнинної частини України їх величина досягає 700 мм, зменшуючись у південному напрямі до 450 мм.

Апробація моделі «клімат-стік», як спроба визначення характеристик природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) річного стоку, була виконана на даних водозборів різних природних зон України, а також на даних великих річок [33, 67]. Встановлено, що точність визначення статистичних параметрів річного стоку за описаною моделлю знаходиться у межах точності розрахунків цих параметрів за даними гідрометричних спостережень.

Для великих водозборів (за А.М. Бефані [8, 9] до великих відносяться водозбори з площею, більшою за другу критичну, тобто з площею, при якій підземне живлення річки стабілізується) рівнинної частини України норму кліматичного стоку можна ототожнити з нормою природного стоку [33, 37, 64, 66]. Для більшості малих та середніх водозборів, особливо у зоні недостатнього зволоження, норма кліматичного річного стоку суттєво відрізняється від природної. Відхилення тут досягають 30% і більше.

2.4.5. Визначення норм річного стоку на основі карт їх розподілу по території. Перша карта ізоліній норми стоку була побудована у 1927 р. Д.І. Кочериним [59]. Ця карта ґрунтувалася на даних 32 пунктів спостережень на річках Європейської частини колишнього СРСР та була побудована в масштабі 1:20 000 000.

Найбільш обґрунтованою була карта стоку ДГІ, розроблена Б.Д. Зайковим та С.Ю. Белінковим в 1937 р. [45] та уточнена Б.Д. Зайковим – в 1946 р. [45].

У гірських районах, де величина стоку змінюється з висотою місцевості й ізолінії проводяться з урахуванням рельєфу, масштаб карти вибиратиметься в залежності від градієнта стоку по висоті й кроку горизонталей на картографічній основі. Кількість ізоліній стоку буде зростати із зростанням амплітуди висот. Мінімальна відстань між ізолініями у гірських районах має бути 2 мм. При складанні карт величина стоку кожного водозбору відноситься до геометричного центра водозбору, оскільки модуль або шар стоку, визначені у гідрометричному створі, являють собою осереднену величину стоку, який надходить з усього басейну.

За нормативним документом СНіП2.01.14-83, норма річного стоку для гірських річок має визначатися за картою середнього багаторічного стоку з масштабом 1:250000.

Кarti ізоліній середніх багаторічних величин річного стоку річок України розробили Л.Г. Онуфрієнко та І.І. Волошин [90]. Пізніше вони були уточнені А.І. Шерешевським та П.Ф. Вишневським даними 80-х років минулого сторіччя [128].

Точність карт стоку для великих басейнів при наявності надійних гідрометричних даних залежить лише від щільності гідрологічної мережі й плавності рельєфу, а також від похибки, що допускається при визначенні умовних геометричних центрів як при побудові, так й при використанні карти стоку [99].

Похибки, пов'язані з неточністю побудови карт при віднесенні спостережених величин стоку до центрів басейнів й зворотному зняттю величин стоку з карти по центру басейнів, коливаються, за даними К.П. Воскресенського [21], від $\pm(1\div5)\%$ для річок Європейської території з більш щільною гідрометричною мережею та плавним рельєфом поверхні до $\pm(5\div10)\%$ – для річок Азіатської території з менш щільною гідрометричною мережею та більш розчленованим рельєфом.

Норма стоку малих водотоків може суттєво відхилятися від зональної величини стоку як внаслідок недостатності ґрунтового живлення, так й внаслідок впливу місцевих (гідрогеологічних, ґрунтових та інших) умов. Для цих водозборів розробляються поправкові коефіцієнти до значень стоку, знятих з карти [36].

Нижня межа площі водозборів малих водотоків, для яких застосовуються карти стоку, коливається від 1,0-5,0 км² в зоні тундри та лісовій зоні до 50-100 км² і більше – в лісостеповій зонах та до 1000-2000 км² – в деяких степових районах, тобто змінюються зонально відповідно до зміни глибини стояння ґрунтових вод [111]. У СНіП 2.01.14-83 наведені поправкові коефіцієнти до середніх багаторічних значень стоку, визначених за картою ізоліній, в залежності від географічного розташування території й від площ водозборів. Так, для півдня України й Донського району для водозборів з площею від 10 км² до 200 км² рекомендовані поправкові коефіцієнти більші за одиницю, які мали враховувати втрати стоку на випаровування з поверхні водозборів. Для Центральних районів Європейської території, які включали до себе північну та центральну частини України, рекомендовано використовувати коефіцієнти менші від одиниць, які ураховують неповне дренажування річками підземних водоносних горизонтів.

Розробки українських гідрологів (Л.Г. Онуфрієнка, І.І. Волошина, 1986; А.І. Шерешевського, П.Ф. Вишневецького, 1997) надавали дещо інші величини поправкових коефіцієнтів, оскільки використовували матеріали по річках України безпосередньо [36].

2.5. Визначення норм річного стоку у Закарпатті

З 1845 р. в долині р. Тиси проводились роботи по захисту від паводків, при яких здійснювалися проміри русла і вимірювалися швидкості течії води. Окремі вимірювання витрат води проводилися Угорською гідрографічною службою (у 1900, 1923, 1928 і 1931 рр.); у с. Ділове вимірювання витрат води проводилось з 1931 р., у смт Вилочок – в період 1936-38 рр., на Латориці – у м. Чоп вимірювання витрат води здійснювались в 1925, 1932, 1933, 1936, 1937 рр. Тільки після другої Світової війни у басейні систематично вивчається стік.

Потрібно зауважити, що всі попередні вимірювання мали один загальний недолік – вони розглядали стік по кожному пункту ізольовано, без взаємної ув'язки його по довжині річки.

У зв'язку з цим визначилася необхідність у надійних стокових даних, ув'язаних по довжині річки не тільки за багаторічний період, але й за більш короткі інтервали часу (за окремі роки, сезони і місяці). Це змусило ще раз виконати повну переробку стокових даних з використанням проведених спеціально для цих цілей додаткових експедиційних і стандартних гідрометричних досліджень у 1951-1952 рр. Отримані таким чином стокові дані були уточнені у 1955-1956 рр. у секторі водних досліджень УкрГІДЕПу. Наступні уточнення стоку були проведені у Гідрометслужбі [100].

Найбільша щільність мережі спостерігається у басейні р. Тиси, що пояснюється особливостями гідрографічної вивченості.

Оцінюючи якість стокових даних, необхідно відмітити, що до 1935 р. вона є найбільш низькою і цілком залежить від вихідних гідрометричних даних. До 1930 р. вихідні гідрометричні дані носили безсистемний, спорадичний характер і незадовільняли вимогам, які були пред'явлені до гідрометричних вимірювань в наступні роки. Після 1930 р. вимірювання витрат води почали проводитись більш систематично, а спостереження за рівнем води були вже переважно дворазові кожної доби. Однак і за цей

період по деяких постах стік за окремі роки чи за декілька років обчислений зі зниженою точністю, так як кількість виміряних витрат води все ж була недостатньою, мінливість русла не враховувалася, стік води обчислювався за осередненими кривими $Q = f(H)$ за декілька років [100, 101].

На результатах підрахунку стоку за минулі роки позначилася також відсутність за більшістю пунктів виміряних витрат води при високих рівнях, внаслідок чого екстраполяція кривих витрат $Q = f(H)$ у верхній частині є приблизною.

Після 1936 р. і особливо в післявоєнний період (з 1946 року) якість обчисленого стоку значно покращилася; збільшилася кількість виміряних витрат води, які добре розподіляються у часі. Спостереження за рівнем води у періоди водопілля та паводків проводяться у короткі строки або за самописцями рівня води. Екстрапольовані частини кривих в багатьох випадках уточнені по максимальних витратах води, встановлених за позначками горизонтів високих вод.

Точність стокових даних і методика їх підрахунку між собою пов'язані і в значній мірі визначаються фізико-географічними особливостями району і впливом людини на зміну режиму річок. Умови формування стоку в межах басейну, що розглядається, мають низку особливостей, відмінних від умов інших територій. Серед них головними є: характер рельєфу, геологічна будова та невелика акумулююча здатність водозборів. Для рельєфу гірської частини водозбору характерні значна розчленованість поверхні, велика крутизна схилів, глибоке ерозійне врізання річок.

З геологічною будовою пов'язана відсутність витримних водоносних горизонтів, висока тріщинуватість та інфільтраційна здатність гірських порід, наявність великого об'єму уламкуватого матеріалу, мала потужність ґрунтового покриву або його відсутність. Усе це створює сприятливі умови для формування густої річкової мережі у гірській частині водозборів [80].

Поверхневий стік спостерігається лише під час сильних злив на не залісених схилах або на слабо проникних ділянках з глинистими ґрунтами,

чи на ущільнених ділянках – дорогах, стежках тощо. Вода, яка потрапила на поверхню водозбору здебільшого проникає в пухкі відклади і просочується до корінних порід, по яких стікає у вигляді внутрішньогрунтового стоку. Під час паводків і повеней ці води стають основним видом живлення річок. Нижче відносного водоупору переважають тріщинні та пластові води, які формують ґрунтовий стік. Залежно від умов стікання підповерхневий стік може переходити в поверхневий і, навпаки. На залісених схилах переважає підповерхневий стік [52].

Перерахунки стоку були пов'язані взагалі з уточненням верхніх, переважно екстрапольованих частин кривих витрат води й уточненням застосованих раніше зимових коефіцієнтів.

Практично щороку відмічається нев'язка стоку на Тисі (біля Рахова), Тересві (біля річок Усть-Чорної і Нересниці), на річці Ріка (біля Межгір'я і Хуста), на Латориці (біля Мукачева, Сваляви і Чопа), Ужі (біля Ужгорода). Невязки стоку біля Рахова, Хуста, Сваляви, Чопа і Ужгорода пояснюються зарегульованістю основної річки чи притоків, неоднорідністю процесів льодоутворення і неможливістю обліку значних деформацій русла [52].

В басейні Тиси, окрім явищ карсту, на величини стоку впливають втрати в алювіальних потоках.

В зимові періоди нев'язки стоку пояснюються неоднорідністю процесів льодоутворення, у періоди межені – впливом зарегульованості. Найбільший вплив на величини стоку, особливо при проходженні паводків, має закарстованість [100].

Однак такі коливання стоку річок, обумовлені зміною сонячної активності і пов'язаної з цим загальної циркуляції атмосфери, є вкрай повільними і в межах періоду життя кількох поколінь, на який розраховуються гідротехнічні споруди, вони не можуть бути суттєвими. На цій підставі приймається, що річні величини стоку протягом такого періоду часу коливаються біля якогось середнього їх значення – норми.

Найбільш тривалі спостереження на річках показують, що коливання річного стоку річок носять циклічний характер і виражаються в послідовній зміні багатоводних і маловодних груп років, що розрізняються як за тривалістю, так і за ступенем відхилення від середньої величини стоку. Деякі цикли бувають виражені більш чітко, інші – менш. На тлі тривалих циклів проявляються менш значні, які складаються з двох-трьох багатоводних років на загальному тлі маловоддя, або ж, навпаки, серед групи років зустрічаються декілька маловодних [20].

В досліджуваному районі дані по стоку є за досить тривалий час. З 34 пунктів, за якими обчислений стік, більшість постів мають тривалість спостережень від 26 до 62 років. Кількість пунктів, у яких вимірюється стік з різною тривалістю спостережень, наводиться у розділі 1 (табл. 1.3).

Як видно з табл. 1.3, більшість постів (91,2%) мають ряди спостережень тривалістю, що перевищує 30 років (станом на 2010 рік).

2.6. Нормативні документи по визначенню розрахункових характеристик річного стоку

2.6.1. Нормативний документ СН 371-67. Нормативними рекомендаціями обґрунтовуються вимоги щодо визначення розрахункових гідрологічних характеристик при проектуванні споруд, якими передбачається використання річкового стоку для промислового і господарсько-питного водопостачання, регулювання стоку з метою покращення судоходних умов річок, виробітку електроенергії, заборів води на зрошення, для заходів боротьби з повіддями й інш.

Для визначення розрахункових величин річного стоку і його внутрішньорічного розподілу 1 грудня 1967 р. Державним комітетом Ради Міністрів СРСР в справах будівництва були введені в дію "Указання по

определению расчетных величин годового стока рек и его внутригодового распределения СН 371-67" [120].

Річний стік в залежності від наявної інформації стосовно режиму річок обчислюється:

- а) за даними безпосередніх спостережень на річках;
- б) за наявності коротких рядів спостережень, шляхом приведення їх до багатолітньої норми з використанням даних по річках-аналогах;
- в) за відсутності спостережень – по узагальнених значеннях стоку, отриманих за результатами спостережень на інших річках регіону.

Тривалість наявних періодів спостережень для визначення норми стоку вважалась достатньою, якщо середньоквадратична похибка часових рядів не перевищувала 5%. Короткі ряди необхідно приводити до багатолітнього періоду. За неможливості приведення даних до розрахункового періоду допускалось прийняття середнього значення, але з посиленням на похибку.

Величини річного стоку різної забезпеченості рекомендувалось визначати за допомогою кривої біноміального розподілу.

Враховуючи циклічність в коливаннях стоку при обчисленні норми, необхідно використовувати період, який охоплює найбільше число закінчених циклів, що передбачають наявність багатоводних і маловодних років. При тривалості часових рядів 60 років і більше циклічність у стокових рядах можна не враховувати.

Оцінка невинноводності коефіцієнтів кореляції r при визначенні норми коротких рядів за допомогою річок-аналогів контролюється коефіцієнтом достовірності k_r [60]

$$k_r = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2}. \quad (2.24)$$

Достовірними коефіцієнти кореляції r вважаються, коли $k_r > 3$.

За відсутності даних спостережень норми стока визначаються шляхом інтерполяції між опорними пунктами або по картах ізоліній середнього багатолітнього стоку. Карта середнього річного стоку річок, запропонована ДГІ, мала масштаб 1:10000000.

Норму стоку гірських річок пропонується визначати по районних залежностях зміни стоку з висотою місцевості.

Поправки до розрахункових модулів стоку $\bar{q}$ стосуються впливу:

- забору води з русел річок на водопостачання, зрошування, на шлюзування;
- скидів у русла річок шахтних і промислових вод;
- випаровування з поверхні водосховищ;
- агротехнічних заходів.

З іншого боку, поправки до норми стоку вносяться, коли їх величина становить більше 5% від $\bar{q}$.

2.6.2. Нормативний документ СН 435-72. Як і у попередній редакції, в залежності від наявності вихідних даних спостережень за гідрологічним режимом річок при визначенні норм стоку використовуються методи: безпосереднього обчислення по матеріалах стокових вимірювань, шляхом приведення коротких рядів до розрахункового періоду (за даними річок-аналогів), на основі формул або відповідних карт ізоліній [107].

При виборі річок-аналогів необхідно дотримуватись таких рекомендацій:

1. Схожості кліматичних умов.
2. Синхронності коливань стоку у часі.
3. Однорідності умов формування стоку.
4. Площі водозборів повинні різнитись не більше ніж у 5 разів, а середні висоти водозборів – не більше чим на 300 м.
5. Тривалість спостережень за стоком річок-аналогів повинна мати до 30-50 років.

Масштаби карт для визначення розмірів водозбірних площ гірських річок мають такі величини: $F < 10 \text{ км}^2$ (топографічна основа – карти або аерофотознімки); $F = 10-100 \text{ км}^2$ ($M=1:100000$); $F = 100-10000 \text{ км}^2$ ($M=1:200000-300000$); $F > 10000 \text{ км}^2$ ($M=1:500000-1000000$).

Тривалість часових рядів вважається достатньою при обчисленні норми стоку, якщо $\sigma_{\bar{Q}} \leq 5-10\%$.

При підборі річок-аналогів потрібно, щоб коефіцієнти кореляції r були на рівні $\geq 0,8$.

2.6.3. Нормативний документ СНіП 2.01.14-83. СНіП 2.01.14-83 (Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик) складено в Державному гідрологічному інституті.

Рекомендації, приведені у Посібнику, узагальнюють багатолітній досвід в області теорії і практики гідрологічних розрахунків, накопичений науково-дослідними і проектними водогосподарськими установами (по даних спостережень до 1975 р.).

Відтворення природного стоку здійснюється за допомогою регресійних методів по даних водозборів-індикаторів, які мають непорушений господарською діяльністю режим на протязі всього періоду спостережень. Оцінка надійності відтворених рядів здійснюється загальноприйнятими статистичними методами [97].

Перевірка часових рядів на однорідність розпочинається з оцінки дисперсій за критерієм Фішера. Статистика цього критерію обчислюється за рівнянням [103]

$$F = \sigma_x^2 / \sigma_y^2, \quad (2.25)$$

де σ_x^2 і σ_y^2 – вибіркові дисперсії, причому у чисельнику береться більша з них.

Оцінка однорідності вибірових середніх виконується за критерієм Стьюдента [91]

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (2.26)$$

де $\bar{x}$ і $\bar{y}$ – вибірові середні;

n_x і n_y – об'єм вибірок.

Короткі ряди приводяться до розрахункового періоду за допомогою річок-аналогів.

Тривалість часових рядів спостережень вважається достатньою, якщо середня квадратична похибка розрахункової величини гідрологічної характеристики не перевищує 10%.

Репрезентативність рядів спостережень за гідрологічними характеристиками визначається за різницеви́ми інтегральними кривими річного стоку або співставленням кривих розподілу по річці-аналогу за періоди n і N років.

За недостатності даних гідрометричних спостережень приведення параметрів розподілу до багатолітнього періоду з використанням парної чи множинної регресії відбувається за умови, якщо:

$$n' \geq 10; \quad R \geq 0,7; \quad k/\sigma_k \geq 2,0, \quad (2.27)$$

де n' – число спільних років спостережень;

R – коефіцієнт кореляції;

k – коефіцієнт регресії;

σ_k – середня квадратична похибка коефіцієнта регресії.

Середнє багатолітнє значення стоку в основному визначається за допомогою графічного методу [97]. Графічні залежності потребують не

менше 6 значень річного стоку у розрахунковому створі і створі річки-аналогу.

Якщо приведення коротких рядів здійснюється графоаналітичним методом, то до багатолітнього періоду приводяться опорні ординати $Q_{5\%}$, $Q_{50\%}$ і $Q_{95\%}$. Потім розраховуються параметри біноміального розподілу:

$$S = \frac{Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}}{Q_{5\%} - Q_{95\%}}; \quad (2.28)$$

$$\sigma_Q = (Q_{5\%} - Q_{95\%}) / (\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}); \quad (2.29)$$

$$\bar{Q} = Q_{50\%} - \sigma_Q \Phi_{50\%}, \quad (2.30)$$

де S – коефіцієнт скісності;

$\Phi_{5\%}$, $\Phi_{50\%}$, $\Phi_{95\%}$ – нормовані ординати біноміального розподілу при відповідному значенні коефіцієнта S .

Коефіцієнт асиметрії C_s визначається за таблицями $C_s = f(S)$.

При відсутності спостережень за стоком річок використовується метод інтерполяції між величинами, отриманими для річок-аналогів або за допомогою карт ізоліній середнього річного стоку – для рівнинних територій, або на основі регіональних залежностей стоку від середньої висоти водозборів $\bar{q} = f(H_{сер})$ – для гірських умов.

Зокрема, для басейну р. Тиси в [97] наводиться таблиця координат $\bar{q} = f(H_{сер})$, яка представлена нижче (табл. 2.1). Як видно з табл. 2.1, норма стоку в басейні р. Тиса змінюється в дуже широкому діапазоні – від 5,1 л/(с·км²) до 40,8 л/(с·км²) – при висоті водозборів від 200 м до 1100 м.

З метою перевірки відповідності даних табл. 2.1 (станом на 1975 р.) матеріалам спостережень за стоком річок Закарпаття (станом на 2010 рік) нами побудована залежність $\bar{q} = f(H_{сер})$, яка показана на рис. 2.1.

Таблиця 2.1

Координати залежності $\bar{q} = f(H_{\text{сер}})$ для басейну р. Тиси [97]

№ з/п	Середня висота водозборів, $H_{\text{сер}}, \text{м}$	Норма стоку $\bar{q}, \text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	№ з/п	Середня висота водозборів, $H_{\text{сер}}, \text{м}$	Норма стоку $\bar{q}, \text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$
1	200	5,1	6	700	23,0
2	300	5,7	7	800	26,6
3	400	12,3	8	900	30,2
4	500	15,9	9	1000	33,7
5	600	19,4	10	1100	40,8

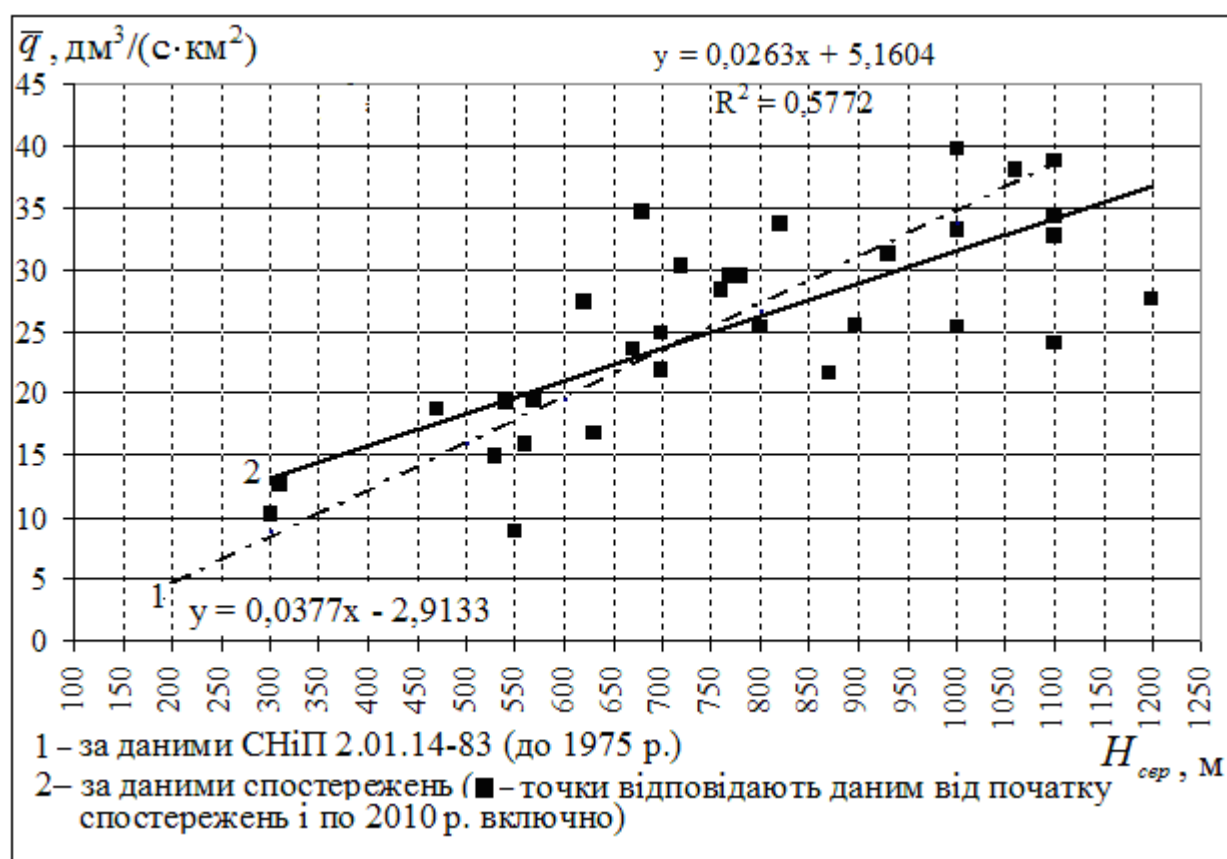


Рис. 2.1 Залежність норми стоку $\bar{q}$ ($\text{дм}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$) на території Закарпаття від середньої висоти водозборів $H_{\text{сер}}$ (м) станом на 1975 р. і 2010 р. (точки відповідають даним від початку спостережень і по 2010 р., включно)

Ця залежність описується лінійним рівнянням вигляду:

$$\bar{q}_{розр.} = 0,038(H_{сер} - 1000) + 35,09, \quad (2.31)$$

де $H_{сер} = 1000$ м – умовна висота, до якої приведені всі вихідні дані по стоку досліджуваних річок Закарпаття.

Перевірні розрахунки $\bar{q}$ за рівнянням (2.31) наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Перевірочні розрахунки норм річного стоку $\bar{q}$ (дм³/с·км²)
за рівнянням (2.31)

№ поста	Річка-пост	F , км ²	$H_{сер}$, м	$\bar{q}_{розр.}$, дм ³ / (с·км ²)	$\bar{q}$, дм ³ / (с·км ²)	$\delta_{\bar{q}}$, %
1	2	3	4	5	6	7
1	р. Боржава – с. Довге	408	620	20,65	27,40	-24,64
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	470	14,95	18,72	-20,14
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	1100	38,89	34,28	13,45
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	760	25,97	28,38	-8,49
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	0,28	550	17,99	8,89	102
6	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	0,39	630	21,03	16,79	25,25
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	1060	37,37	38,11	-1,94
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	570	18,75	19,43	-3,50
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	720	24,45	30,34	-19,41
10	р. Латориця – м. Свалява	680	700	23,69	21,82	8,57
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	310	8,87	12,57	-29,44
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	897	31,18	25,47	22,40
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	770	26,35	29,93	-10,77
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	700	23,69	24,85	-4,67

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	1100	38,89	38,83	0,15
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	820	28,25	33,71	-16,20
17	р. Репінка – с. Репіне	203	780	26,73	29,51	-9,42
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	550	800	27,49	25,29	8,70
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	680	22,93	34,71	-33,94
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	300	8,49	10,13	-16,19
21	р. Тересва – с. Колочава	369	1000	35,09	39,78	-11,79
22	р. Тересва – смт Дубове	757	1000	35,09	33,20	5,69
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	930	32,43	31,29	3,64
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	1100	38,89	32,69	18,97
25	р. Тиса – смт Вилок	9140	–	–	23,49	–
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	1200	42,69	27,62	54,56
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	1100	38,89	24,06	61,64
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	–	–	21,28	–
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	870	30,15	21,59	39,65
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	194	1000	35,09	25,41	38,10
31	р. Тур'я – с. Симер	464	540	17,61	19,33	-8,90
32	р. Уж – с. Жорнава	286	670	22,55	23,50	-4,04
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	560	18,37	15,94	15,24
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	530	17,23	14,89	15,72
Середнє значення						20,5

Відхилення розрахункових модулів річного стоку $\bar{q}_{розр}$ від вихідних даних $\bar{q}$ коливаються в діапазоні від |0,15|% р. Мокранка – с. Чорноголова до |102|% (стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я), а в середньому становить |20,5|%, що майже в рази більше припустимого (за СНіП 2.01.14-83 – $\sigma_{\bar{q}} < 10-15\%$).

Ми звертаємо увагу на два суттєвих недоліки цього нормативного документу:

1. Ним не враховуються зниження норм стоку з невеликих водозборів, зокрема, по в/п Глибокий Яр – смт Міжгір'я (з водозбірною площею $F=0,28 \text{ км}^2$, відхилення від $\bar{q}$, визначеного за матеріалами спостережень, дорівнює 102%).

2. Залежність (2.31) охоплює лише дані, що відповідають фактично половині території, оскільки величини $\bar{q}$ відносяться до геометричних центрів водозборів, які при картуванні зміщуються в бік верхів'їв річок.

Висновки за розділом

В цьому розділі виконано огляд та аналіз існуючих методів визначення норм річного стоку.

У нормативному документі СНіП 2.01.14-83 середні багаторічні величини річного стоку у Закарпатті представлені залежністю $\bar{q}$ від середньої висоти водозборів $H_{сер}$. Норма річного стоку в басейні р. Тиса змінюється в досить широкому діапазоні – від 5,1 до 40,8 л/(с·км²) – при висоті водозборів від 200 до 1100 м.

З метою перевірки відповідності даних за СНіП 2.01.14-83 матеріалам спостережень за стоком річок Закарпаття станом на 2010 рік, була побудована залежність модулів стоку від середньої висоти водозборів. За допомогою отриманого лінійного рівняння, на базі даних спостережень по досліджуваних постах були визначені норми річного стоку на території Закарпаття.

Перевірні розрахунки показали, що відхилення розрахункових модулів річного стоку $\bar{q}_{розра}$ від вихідних даних $\bar{q}$ в середньому становить $|20,5|\%$, що більше припустимого (за СНіП 2.01.14-83 – $\sigma_{\bar{q}} < 10-15\%$).

Автором, крім того, звертається увага на два суттєвих недоліки нормативного документу СНіП 2.01.14.83. По-перше, ним не враховуються зниження норм стоку з невеликих водозборів, по-друге, отримана залежність охоплює лише дані, що відповідають фактично половині території Закарпаття, оскільки величини $\bar{q}$ при картуванні відносяться до геометричних центрів водозборів і зміщуються в бік верхів'їв річок.

РОЗДІЛ 3

ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМИ РІЧНОГО СТОКУ РІЧОК ЗАКАРПАТТЯ

3.1. Аналіз статистичної однорідності часових рядів спостережень за річним стоком

При просторовому узагальненні гідрологічних величин виникає необхідність перевірки часових рядів на однорідність вихідних даних.

Для перевірки належності порівнюваних вибірок до однієї генеральної сукупності існує низка критеріїв, які поділяються на непараметричні і параметричні.

Непараметричні критерії не потребують будь-яких припущень про закон розподілу аналізованих рядів.

Параметричні критерії однорідності залежать від типу розподілу випадкових величин та ґрунтуються на порівнянні оцінок статистичних параметрів вибірових розподілів. Як правило, параметричні критерії базуються на припущенні про нормальний розподіл порівнюваних емпіричних рядів [103].

Якщо порівнювані емпіричні ряди апроксимуються нормальним законом, то оцінки середнього арифметичного і середнього квадратичного відхилень повністю їх характеризують і тому однорідність рядів перевіряється за допомогою порівняння саме цих статистичних параметрів.

Ряди випадкових величин X та Y є статистично однорідними, якщо вони належать до однієї і тієї ж генеральної сукупності, або інакше кажучи, підлягають одному і тому ж закону розподілу з одними і тими ж статистичними параметрами.

Вибір рівня значущості узгоджується з точністю вихідних даних. Отже, якщо в гідрології точність вимірювань у більшості випадків не

перевищує 5%, то використання рівня значущості, меншого за 5%, вважається недоцільним [103].

Якщо розраховане значення критерію однорідності належить до критичної області, то нульова гіпотеза щодо припущення про співпадіння статистичних параметрів вибірок X та Y відкидається.

Серед параметричних значне поширення знайшли критерії Фішера-Снедекора F (для дисперсій) та Стьюдента t (для середніх величин).

Зазвичай аналіз однорідності зводиться до перевірки двох гіпотез: про незначущість різниці в дисперсіях і про незначущість відхилень середніх. Якщо одна з цих гіпотез не приймається, то відкидається гіпотеза про однорідність двох рядів X та Y взагалі.

При нормальному розподілі випадкових величин X та Y оцінки дисперсій їх σ_x^2 та σ_y^2 підлягають розподілу з параметрами $\nu_1 = m - 1$ та $\nu_2 = n - 1$, де m – тривалість вибірок X , а n – тривалість вибірок Y . Статистика критерію розподілу Фішера-Снедекора F має вигляд [102]

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}. \quad (3.1)$$

При обчисленні цього критерію у чисельник ставлять більшу з 2-х дисперсій. Перевірка нульової гіпотези здійснюється шляхом порівняння розрахованого значення F з критичним $F_{кр} = \varphi(\alpha, \nu_1, \nu_2)$, де α – рівень значущості ($\gamma\%$).

Нульова гіпотеза H_0 не відкидається, коли $F < F_{кр}$. У протилежному випадку приймається альтернативна гіпотеза, тобто різниця між дисперсіями двох рядів X та Y – значуща і не може пояснюватись тільки впливом випадкових флуктуацій у вибірках X та Y .

Якщо розподіл випадкових величин X та Y описується нормальним законом, то середні арифметичні значення $\bar{x}$ та $\bar{y}$ також нормально

розподілені. Випадкова величина має розподіл, який може бути описаний за допомогою критерію Стюдента з параметром $\nu = m + n - 2$ [91]

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}. \quad (3.2)$$

Нульова гіпотеза приймається, коли $t < t_{кр}(\alpha, \nu)$, де t – статистика критерію Стюдента.

У дисертаційній роботі перевірка гіпотези про однорідність часових рядів середньорічних модулів стоку в пунктах спостережень на річках Закарпаття була виконана за допомогою критеріїв Фішера-Снедекора та Стюдента. Вибірki X та Y формувались шляхом поділення кожного з вихідних рядів на дві однакові за тривалістю частини. За такою технологією є можливість перевірити на однорідність будь-які ряди на протязі їх функціонування. Результати цієї перевірки представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Оцінка статистичної однорідності часових рядів середньорічних модулів стоку $\bar{q}$ (дм³/с·км²) в пунктах спостережень на річках Закарпаття (при $\alpha = 5\%$)

№ п/п	Річка – пункт	F , км ²	n , років	Критерій Фішера		Рез-т*	Критерій Стюдента		Рез-т*
				F	$F_{кр}$		t	$t_{кр}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	р. Боржава – с. Довге	408	62	1,49	1,62	О	1,09	2	О
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	37	3,86	2,26	Н	0,38	2,03	О
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	41	1,9	2,16	О	3,36	2,02	Н
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	51	1,15	1,73	О	1,65	1,93	О

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	стр. Гл. Яр – сmt Міжгір'я	0,28	26	2,08	2,69	О	1,7	2,06	О
6	стр. Йойківець – сmt Міжгір'я	0,39	26	1,9	2,69	О	0,58	2,06	О
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	46	2,39	2,03	Н	1,26	1,98	О
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	62	1,09	1,62	О	3,23	2	Н
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	62	1,24	1,62	О	0,03	2	О
10	р. Латориця – м. Свалява	680	47	1,55	2,05	О	1,98	2,97	О
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	52	1,61	1,71	О	0,22	2,01	О
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	28	1,33	2,59	О	2,76	2,05	Н
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	37	1,46	2,39	О	0,42	2,04	О
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	33	1,12	2,39	О	1,2	2,04	О
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	47	1,38	2,05	О	0,12	1,97	О
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	43	2,54	1,71	Н	4,17	2,01	Н
17	р. Репінка – с. Репіне	203	63	1,35	1,62	О	2,86	2	Н
18	р. Ріка – сmt Міжгір'я	550	63	1,75	1,62	О	1,79	2	О
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	48	4,08	2,02	Н	3,73	1,97	Н
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	57	1,69	1,67	Н	0,91	2,01	О
21	р. Тересва – с. Колочава	369	47	1,89	2,05	О	3,39	1,97	Н
22	р. Тересва – сmt Дубове	757	42	1,9	2,13	О	2,01	2,02	О
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	38	1,02	2,23	О	2,85	2,03	Н
24	р. Тересва – сmt Усть-Чорна	572	60	1,43	1,64	О	2,32	2,04	Н
25	р. Тиса – сmt Виллок	9140	55	1,53	1,69	О	0,9	2,01	О
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	54	1,81	1,69	Н	0,81	2,01	О
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	62	1,26	1,62	О	1,79	2	О

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	36	1,03	2,28	О	2,38	2,03	Н
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	45	1,11	2,08	О	1,13	1,97	О
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	194	46	1,21	1,03	О	2,49	1,97	Н
31	р. Тур'я – с. Симер	464	51	2,6	1,73	Н	0,35	2,01	О
32	р. Уж – с. Жорнава	286	57	4,08	1,67	Н	0,27	2,01	О
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	62	2,26	1,62	Н	0,72	2	О
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	62	2,01	1,62	Н	0,08	2	О

* Примітка: О – ряд однорідний; Н – ряд неоднорідний

Отримані результати дозволили зробити висновок, що 19 з 34 часових рядів річного стоку в пунктах спостережень на річках Закарпаття є статистично неоднорідні, а інші 15 – однорідні.

Об'єктивних чинників про наявність порушуючих часову нерівномірність рядів спостережень за стоком річок у Закарпатті, на наш погляд, немає. Причина порушень неоднорідності в рядах річного стоку скоріше за все пов'язана з їх структурою – наявністю циклічності. Тобто, коли одна половина часових рядів може знаходитись переважно у багатоводній фазі, а інша – у маловодній, або навпаки. Зауважимо, що циклічність у часових рядах річного стоку у Закарпатті буде розглядатися у наступному розділі.

3.2. Циклічність у часових рядах річного стоку річок Закарпаття

Дослідження закономірностей коливань річного стоку у часі та по території дозволяють судити про можливість і доцільність використання водних ресурсів держави для забезпечення її потреб [36].

Відомо, що у часових рядах річного стоку виявляються закономірності у вигляді чередування багатоводних і маловодних років. Їх природа надзвичайно складна через велике число обумовлюючих чинників й інерційності геофізичних процесів [21]. Коливання річного стоку характеризуються циклічністю. Причини прояву циклічності у коливаннях річного стоку розглядалися такими авторами як В.Г. Андрєянов (1959), Н.А. Аніскіна (1970), П.С. Кузін (1970), Д.Я. Раткович (1976), В.І. Бабкін (1979), А.В. Рождественський (1988) [36].

Проаналізувати закономірності та особливості коливань стоку можливо тільки на основі тривалих рядів спостережень. Коливання стоку протягом періоду спостережень можуть бути оцінені за допомогою різницевих інтегральних кривих. Вони є достатньо ефективним апаратом для аналізу циклічної структури багаторічних коливань стоку. Аналіз різницевих інтегральних кривих дає можливість виділити маловодні та багатоводні фази стоку протягом періоду спостережень. Наявність всередині виділених маловодних (або багатоводних) фаз одного або декількох багатоводних (маловодних) років інколи є підставою для поділу цих фаз на групи меншої тривалості. Однак, при виявленні найбільш виражених і тривалих маловодних (багатоводних) угруповань ці переломні точки є несуттєвими і можуть не враховуватись. Такі випадки у змінах водності є наслідком не макросиноптичних процесів, а пояснюються впливом місцевих погодних аномалій (наприклад, випадінням опадів на невеликій площі, не характерних для всього району) [80].

Коливальні тенденції в гідрологічних рядах виражені дуже слабо і відбуваються на тлі значних флуктуацій. Отже важко буває виділити не тільки тривалість окремих угруповань, але й їх амплітуду. Виникає необхідність усунути «шум», пов'язаний з випадковістю коливань річного стоку за суміжні роки, при цьому необхідно зберегти лише інформацію про багаторічну мінливість. Для цього застосовується згладжування емпіричних даних, тобто заміна таблиці вихідних величин іншою таблицею близьких до

них точок, що лежать на достатньо гладкій кривій. Згладжування виконується за допомогою багаточленів, що наближають за методом найменших квадратів обрані групи точок до середніх. Оскільки найкраще згладжування одержується для середніх точок (коли враховується інформація про поведінку функції по обидва боки від згладжуючої точки), то кількість точок для згладжування обирається непарною, а групи точок – ковзними вздовж всієї таблиці [103].

Для таблиць з постійним кроком згладжування найпростішим є багаточлен першого ступеня, наприклад

$$\tilde{Q}_i = \frac{1}{T} \sum_{k=-\frac{T-1}{2}}^{\frac{T-1}{2}} Q_{i+k}, \quad (3.3)$$

де $\tilde{Q}_i$ – згладжене значення i -го члена ряду ($i=1, 2, 3, \dots, n$);

T – інтервал згладжування.

Оператор згладжування (3.3) не розповсюджується на крайову інформацію рядів. Тому при згладжуванні по трьох точках [103]

$$\tilde{Q}_1 = \frac{1}{6}(5Q_1 + 2Q_2 - Q_3), \quad (3.4)$$

$$\tilde{Q}_n = \frac{1}{6}(-Q_{n-2} + 2Q_{n-1} + 5Q_n). \quad (3.5)$$

При згладжуванні по п'яти точках крайові значення осереднюватимуться за формулами [103]:

а) на початку рядів

$$\tilde{Q}_1 = 0,2(3Q_1 + 2Q_2 + Q_3 - Q_5); \quad (3.6)$$

$$\tilde{Q}_2 = 0,1(4Q_1 + 3Q_2 + 2Q_3 + Q_4); \quad (3.7)$$

б) в кінці рядів

$$\tilde{Q}_{n-1} = 0,1(Q_{n-3} + 2Q_{n-2} + 3Q_{n-1} + 4Q_n); \quad (3.8)$$

$$\tilde{Q}_n = 0,2(-Q_{n-4} + Q_{n-2} + 2Q_{n-1} + 3Q_n). \quad (3.9)$$

Пристаючи до визначення норм річного стоку у Закарпатті, необхідно переконатись у репрезентативності вихідних рядів з точки зору наявності в них багатоводних і маловодних циклів. Ці обставини особливо актуальні, оскільки на думку спеціалістів-кліматологів, в останні десятиліття спостерігаються спрямовані коливання глобального клімату, що може відповідним чином відбитись і на окремих характеристиках водних ресурсів у Закарпатті.

Для з'ясування поставлених питань по всіх постах у межах досліджуваного регіону були побудовані графіки хронологічного часового ходу витрат води річного стоку, згладжених за допомогою лінійного фільтру з періодом осереднення $T=3$ роки (дод. А). В якості прикладу в роботі наводяться результати згладжування значень річного стоку для пункту р. Тиса – м. Рахів (рис. 3.1). Вихідний ряд річного стоку має досить складний вигляд, тому з його допомогою безпосередньо виділити не випадкову, циклічну досить складно. В роботі вже після першого етапу осереднювання даних вдається істотно згладити вихідний графік.

Ординати згладжених кривих, нанесені на рис. 3.1, мають меншу амплітуду коливань, що дозволяє виділити декілька багатоводних і маловодних циклів.

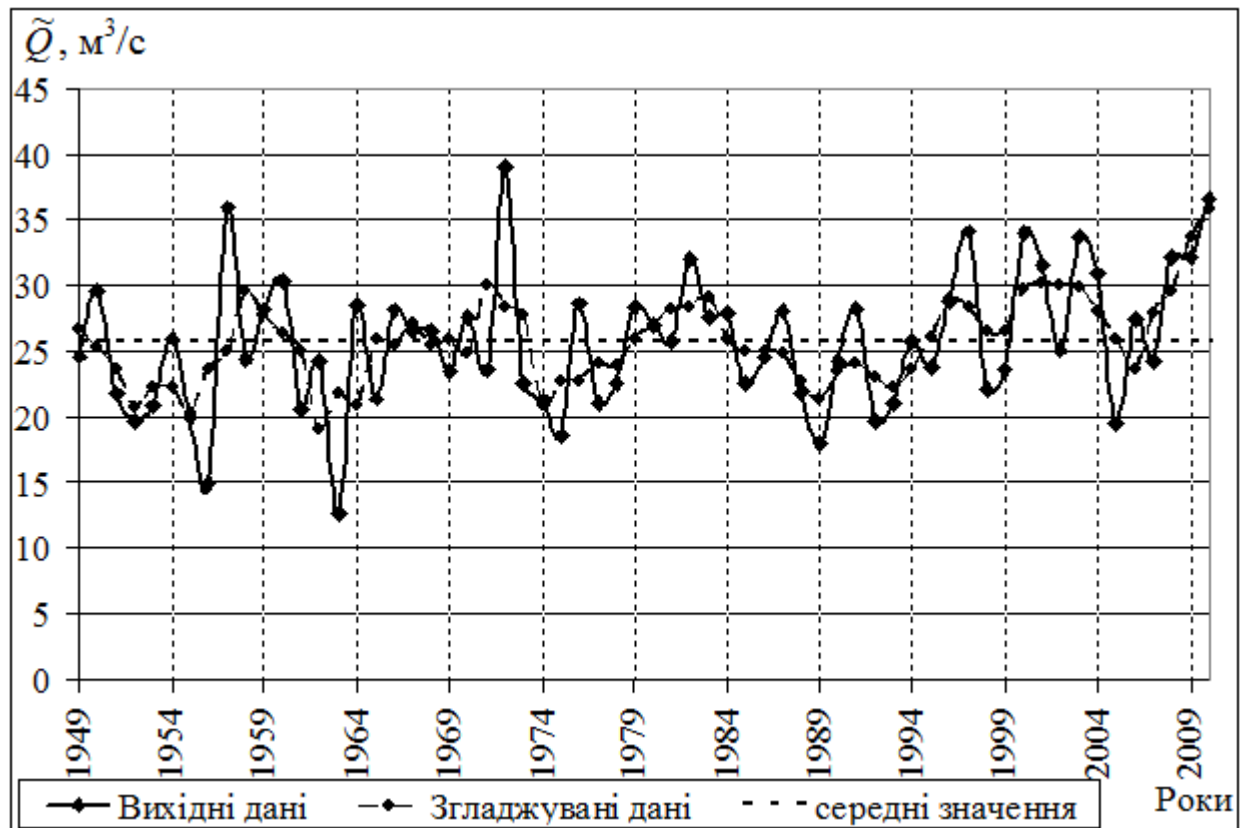


Рис. 3.1 Хронологічний хід річного стоку (р. Тиса – м. Рахів)

Виявлені за допомогою згладжування групи циклів не завжди повністю відповідні періодам, одержаних за методом різницевих інтегральних кривих.

В залежності від потреб проектування, наявності вихідних стокових даних та загальної тривалості розглядуваного періоду інтегральні криві будуються з різною докладністю: по добових, п'ятиденних, декадних, місячних, сезонних та річних інтервалах часу [103].

У практиці гідрологічних розрахунків для побудови інтегральних кривих стоку застосовується простіший прийом побудови кривої за допомогою різниць стоку. В цьому випадку крива стоку зображає наростання різниць між витратою води за будь-який інтервал часу, що коливається, і постійною середньою витратою води даної річки за весь період часу побудови кривої [36].

Саме тому при побудові різницевої інтегральної кривої стік зручніше виражати в модульних коефіцієнтах $K_i = Q_i / \bar{Q}$. При побудові різницевої інтегральної кривої обчислюється наростаюча сума відхилень $\sum_{i=1}^t (K_i - 1)$.

Ординати інтегральних кривих обчислюються за рівнянням

$$\sum_{i=1}^t (K_i - 1) = f(t). \quad (3.10)$$

Для виключення впливу на модульні коефіцієнти ступеня мінливості стоку при побудові різницевих інтегральних кривих ординати кривої обчислюються за рівнянням [102]

$$\frac{\sum_{i=1}^t (K_i - 1)}{C_v} = f(t), \quad (3.11)$$

де C_v – коефіцієнт варіації.

З метою аналізу характеру змін стоку річок Закарпаття було побудовано різницеві інтегральні криві коливань середніх річних витрат води за даними досліджуваних пунктів річок з відносно високою тривалістю спостережень (26-62 рр.). Побудова різницевих інтегральних кривих річного стоку річок Закарпаття була виконана за рівнянням (3.10) [29]. Як видно з рис. 3.2 і 3.3, на яких приведені різницеві інтегральні криві модульних коефіцієнтів річного стоку р. Тиса – смт Вилок та р. Тиса – м. Хуст, спостерігається яскраво виражена циклічність коливань річного стоку за окремі періоди.

В дод. Б наведені інтегральні різницеві криві для інших пунктів досліджуваної території. В цілому, як видно з дод. Б і рис. 3.2, рис. 3.3 та не зважаючи на графічні розбіжності, зумовлені різними масштабами ординат кривих, спостерігається досить виражена синхронність.

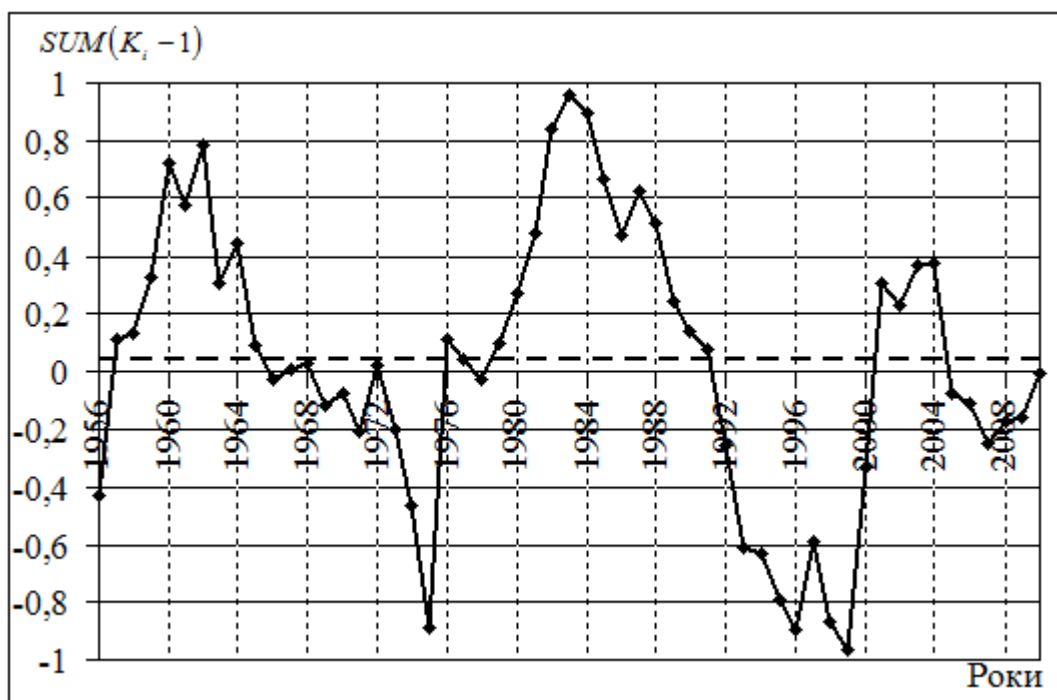


Рис. 3.2 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку (р. Тиса – смт Вилोक)

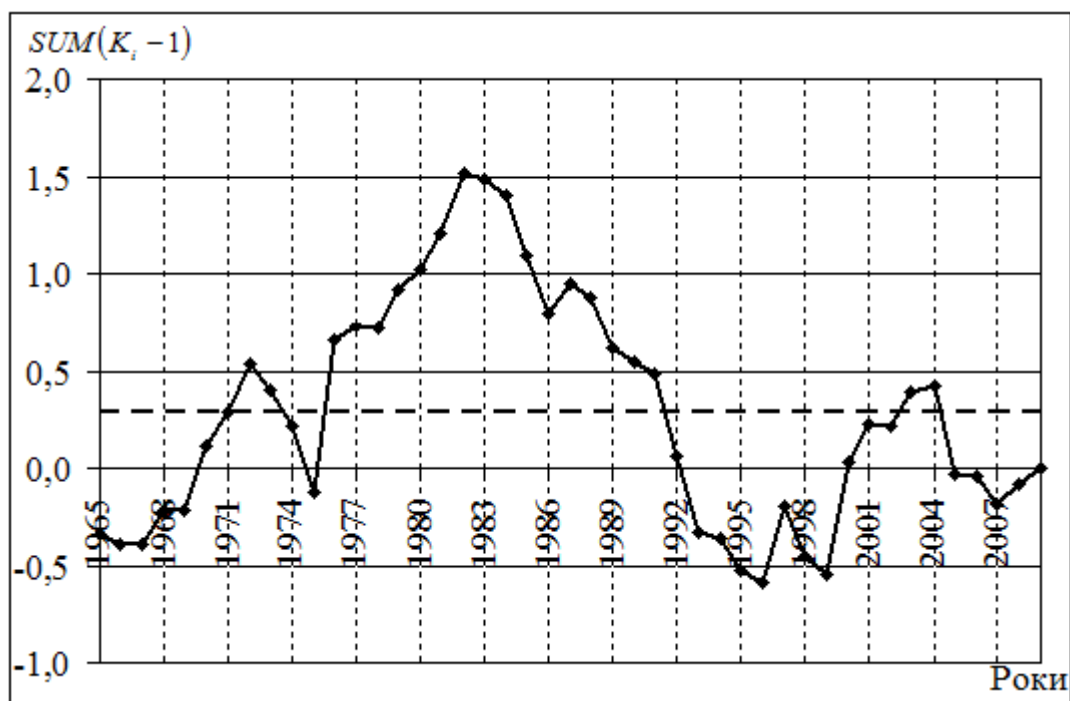


Рис. 3.3 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку (р. Тиса – м. Хуст)

На рис. 3.4 для порівняння надається зведений графік для усієї сукупності інтегральних різницевих кривих $\sum_{i=1}^n (K_i - 1)$. Аналіз суміщених різницевих інтегральних кривих дозволяє виділити маловодну фазу, яка тривала з 1949 р. до 1975 р. Перехід у багатоводну фазу відбувся з 1976 року. Але існує невизначеність щодо закінчення багатоводної фази на різних річках. На одних з них перехід у маловодну фазу відбувся на початку 80-х років, на інших – на початку 90-х років. У загальному випадку маловодна фаза тривала до 1999 року, після якої знов почався перехід до багатоводної фази. Різна тривалість багатоводної фази, яка розпочалася з 1976 року обумовлена наявністю трендів різної спрямованості. З виду різницевих інтегральних кривих витікає, що коливання річного стоку характеризується синфазністю, а не синхронністю.

На основі цих графіків (дод. Б) встановлені розрахункові тривалості для обчислення середніх багатолітніх величин модулів річного стоку у Закарпатті (дод. В). При обчисленні $\bar{q}$ враховувалась обов'язкова умова суміжної наявності однакового числа багатоводних і маловодних циклів. Оскільки циклічність у рядах річного стоку розрізняється тривалістю і глибиною окремих фаз водності, то наявність циклів встановлювалась на основі аналізу різницевих інтегральних кривих модульних коефіцієнтів $\sum_{i=1}^n (K_i - 1) = f(t)$. В дод. В приведені дати початку і кінця окремих циклів коливання водності річок.

Характер зміни водності також оцінювався за допомогою середніх модульних коефіцієнтів ($K_{\text{сеп}}$) за окремі періоди. Вони визначались за формулою [80]:

$$K_{\text{сеп}} = \frac{l_k - l_n}{m} + 1, \quad (3.12)$$

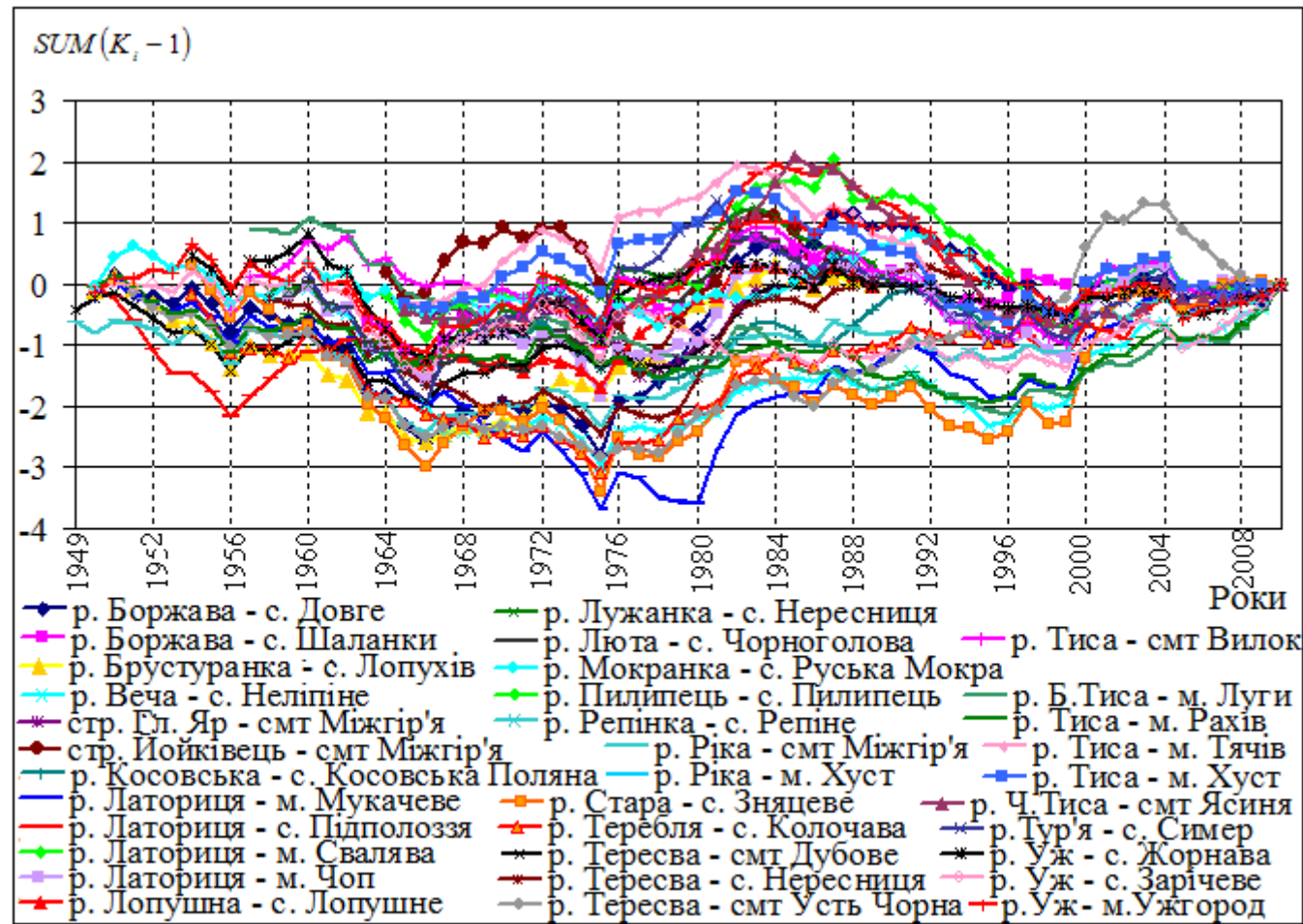


Рис. 3.4 Суміщені на регіональному рівні Закарпаття різниці інтегральні криві річного стоку $\sum_{i=1}^n (K_i - 1)$

Таблиця 3.2

Характерні періоди в багаторічних коливаннях стоку досліджуваних
річок Закарпаття за період спостережень

Річка-пост та період (роки)	Тривалість періоду, t (роки)	Водність періоду	Модульний коефіцієнт, $K_{сер}$
1	2	3	4
р. Боржава – с. Довге			
1949-1975	27	(-)	0,9
1975-1988	14	(+)	1,28
1988-1999	12	(-)	0,86
1999-2010	12	(+)	1,04
р. Боржава – с. Шаланки			
1963-1966	4	(-)	0,85
1966-1972	7	(+)	1,18
1972-1975	4	(-)	0,76
1975-1983	9	(+)	0,81
1983-1993	11	(-)	0,9
1993-1999	7	(+)	1,05
р. Брустуранка – с. Лопухів			
1949-1966	18	(-)	0,86
1966-1989	24	(+)	1,11
р. Веча – с. Неліпіне			
1960-1975	16	(-)	0,82
1975-1991	17	(+)	1,09
1991-1995	5	(-)	0,82
1995-2010	16	(+)	1,15
стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я			
1964-1977	14	(-)	0,9
1977-1989	13	(+)	1,12
стр. Йойківець – смт Міжгір'я			
1964-1973	10	(+)	1,07
1973-1977	5	(-)	0,52
1977-1984	8	(+)	1,32
1984-1989	6	(-)	0,81

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4
р. Косовська - с. Косовська Поляна 1965-1978 1978-1991 1991-1996 1996-2004 2004-2007 2007-2010	14 14 6 9 4 4	(-) (+) (-) (+) (-) (+)	0,91 1,11 0,86 1,13 0,85 1,07
р. Латориця – м. Мукачеве 1949-1975 1975-2010	27 36	(-) (+)	0,87 1,1
р. Латориця – с. Підполоззя 1949-1956 1956-1984 1984-1999 1999-2010	8 29 16 12	(-) (+) (-) (+)	0,73 1,14 0,8 1,1
р. Латориця – м. Свалява 1964-1975 1976-1987 1987-1999 1999-2010	12 13 13 12	(-) (+) (-) (+)	0,94 1,23 0,79 1,06
р. Латориця – м. Чоп 1959-1966 1966-1972 1973-1975 1975-1987 1987-1999 1999-2010	8 7 4 13 12 12	(-) (+) (-) (+) (-) (+)	0,83 1,11 0,74 1,17 0,87 1,1
р. Лопушна – с. Лопушне 1962-1975 1976-1989	14 15	(-) (+)	0,85 1,14
р. Лужанка – с. Нересниця 1958-1960 1960-1966 1966-1983 1983-1990	3 7 18 8	(+) (-) (+) (-)	1,01 0,79 1,16 0,82

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4
р. Люта – с. Чорноголова			
1958-1960	3	(+)	1,09
1960-1966	7	(-)	0,76
1966-1983	18	(+)	1,14
1983-1990	8	(-)	0,9
р. Мокранка – с. Руська			
Мокра	3		
1949-1951	28	(+)	1,23
1951-1978	14	(-)	0,95
1978-1991	5	(+)	1,11
1991-1995		(-)	0,83
р. Пилипець – с. Пилипець			
1958-1960	3	(+)	1,08
1960-1966	7	(-)	0,87
1966-1987	23	(+)	1,17
1987-1910	23	(-)	0,86
р. Репінка – с. Репіне			
1948-1996	49	(-)	0,92
1996-2010	15	(+)	1,32
р. Ріка – смт Міжгір'я			
1948-1975	28	(-)	0,94
1975-2010	36	(+)	1,06
р. Ріка – м. Хуст			
1948-1978	31	(-)	0,76
1978-1995	18	(+)	1,44
р. Стара – с. Зняцеве			
1954-1975	22	(-)	0,83
1975-1982	8	(+)	1,27
1982-1995	14	(-)	0,91
1995-2010	16	(+)	1,16
р. Терєбля – с. Колочава			
1954-1975	22	(-)	0,87
1975-2000	26	(+)	1,12
р. Тересва – смт Дубове			
1948-1966	19	(-)	0,92
1966-1989	24	(+)	1,08

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4
р. Тересва – с. Нересниця 1958-1975 1975-1995	18 21	(-) (+)	0,88 1,12
р. Тересва – смт Усть-Чорна 1951-1975 1975-2003 2003-2010	25 29 8	(-) (+) (-)	0,89 1,14 0,83
р. Тиса – смт Вилік 1956-1962 1962-1975 1975-1983 1983-1999 1999-2004 2004-2010	7 14 9 17 6 7	(+) (-) (+) (-) (+) (-)	1,17 0,88 1,21 0,89 1,22 0,95
р. Біла Тиса – м. Луги 1957-1996 1996-2010	42 15	(-) (+)	0,93 1,14
р. Тиса – м. Рахів 1949-1995 1995-2010	47 16	(-) (+)	0,96 1,12
р. Тиса – м. Тячів 1965-1982 1982-2000	18 19	(+) (-)	1,13 0,9
р. Тиса – м. Хуст 1965-1982 1982-1999 1999-2004 2004-2009	18 18 6 6	(+) (-) (+) (-)	1,1 0,89 1,16 0,93
р. Ч. Тиса – смт Ясиня 1965-1985 1985-2010	21 26	(+) (-)	1,12 0,96
р. Тур'я – с. Симер 1960-1966 1966-1981 1981-1995 1995-2010	7 16 15 21	(-) (+) (-) (+)	0,7 1,21 0,85 1

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4
р. Уж – с. Жорнава			
1954-1960	7	(+)	1,05
1960-1966	7	(-)	0,71
1966-1980	15	(+)	1,1
1980-2010	31	(-)	0,99
р. Уж – с. Зарічеве			
1949-1966	18	(-)	0,92
1966-1972	7	(+)	1,16
1972-1996	25	(-)	0,96
1996-2010	15	(+)	1,09
р. Уж – м. Ужгород			
1949-1954	6	(+)	1,13
1954-1966	13	(-)	0,86
1966-1987	22	(+)	0,95
1987-2010	24	(-)	1,11

де l_k та l_n – кінцева та початкова ординати інтегральної кривої для відрізка часу, що розглядається;

m – кількість років у періоді.

Період часу, для якого відрізок інтегральної кривої спрямований вгору і значення $K_{сер} > 1$, відповідає багатоводній фазі водності, а період для якого відрізок кривої спрямований донизу і $K_{сер} < 1$ – відповідає маловодній фазі. Два суміжні періоди – багатоводний і маловодний – складають повний цикл коливань водності.

Виділені в результаті аналізу маловодні (-) і багатоводні (+) фази водності представлені в табл. 3.2.

Найбільша кількість замкнутих циклів (по 3) відноситься до 4-х водозборів (р. Боржава – с. Шаланки, р. Косовська – с. Косовська Поляна, р. Латориця – м. Чоп і р. Тиса – смт Вілок), по 2 замкнутих цикли відносяться до 14-ти водозборів (р. Боржава – с. Довге, р. Веча – с. Неліпіне, стр. Йойківець – смт Міжгір'я, р. Латориця – с. Підполоззя, р. Латориця – м. Свалява, р. Лужанка – с. Нересниця, р. Люта –

с. Чорноголова, р. Мокранка – с. Руська Мокра, р. Пилипець – с. Пилипець, р. Стара – с. Зняцеве, р. Тиса – м. Хуст, р. Тур'я – с. Симер, р. Уж – с. Жорнава, р. Уж – с. Зарічеве, р. Уж – м. Ужгород), а найменша (один замкнутий цикл) відноситься до 15-ти водозборів (р. Брустуранка – с. Лопухів, стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я, р. Латориця – м. Мукачеве, р. Лопушна – с. Лопушне, р. Репінка – с. Репіне, р. Ріка – смт Міжгір'я, р. Ріка – м. Хуст, р. Тересва – с. Колочава, р. Тересва – смт Дубове, р. Тересва – с. Нересниця, р. Тересва – смт Усть-Чорна, р. Біла Тиса – м. Луги, р. Тиса – м. Рахів, р. Тиса – м. Тячів, р. Ч. Тиса – смт Ясиня.)

3.3. Обґрунтування норм річного стоку у Закарпатті за наявності спостережень за гідрологічним режимом річок

Мережа гідрологічних постів, на яких здійснювались систематичні дослідження режиму річок у Закарпатті, у часі не була постійною.

Ще у 1975 році у Закарпатській області налічувалось більше 70 гідрологічних постів. Починаючи з 1975 року, функціонує водно-балансова станція, до складу якої входило 19 водозборів з площами від 0,28 км² (стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я) до 550 км² (р. Ріка – смт Міжгір'я). Найбільш ґрунтовні узагальнення річного стоку у Закарпатті відносяться до 1965 року, результати яких наведені в [100]. Але, як на наш погляд, просторові узагальнення норм річного стоку були дещо некоректними з методичної точки зору.

З одного боку, модулі річного стоку були картовані, що передбачає наявність широтної зональності, а з іншого – надаються узагальнення у вигляді районних залежностей їх від висотного положення водозборів.

У нормативному документі СНіП 2.01.14-83 [97] середні багаторічні величини річного стоку у Закарпатті представлені залежністю $\bar{q}$ від

середньої висоти водозборів $H_{сер}$. Координати цієї залежності надані у табл. 2.1 (п. 2.7.3) і на рис. 2.1.

Перевірочні розрахунки за цією залежністю, яка апроксимується лінійним рівнянням (2.31), засвідчили, що модулі $\bar{q}$ не повною мірою відповідають даним сучасного періоду (середнє відхилення від норм, які отримані нами на матеріалах спостережень станом на 2010 рік, становить |20,5|%).

У дисертаційній роботі використані часові ряди річного стоку по 34 річкових водозборах з періодами від початку спостережень і по 2010 рік, включно, і площами водозборів – від 0,28 км² (стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я) до 9140 км² (р. Тиса – смт Вилок) та висотним положенням – від 300 м (р. Стара – с. Зняцеве) до 1200 м (р. Біла Тиса – м. Луги).

Нормами характеристик гідрологічного режиму річок називаються середні їх значення за багатолітній період і незмінний господарюванням за такою тривалістю, при збільшенні якої, отримані середні значення суттєво не змінюються [38, 91, 97].

В якості можливого критерію тривалості багатолітнього періоду приймається умова включення до цього періоду парного числа багатолітніх циклів зміни тієї чи іншої характеристики.

Крім того до вимог [91, 97], тривалість періоду спостережень вважається достатньою, а період репрезентативним, якщо відносна середня квадратична похибка розрахункового значення досліджуваної характеристики не перевищує 10%.

При невисоких коефіцієнтах автокореляції у часових рядах річного стоку середньоквадратичні похибки вихідної інформації доцільно визначати за формулою [91]:

$$\sigma_{\bar{q}} = \frac{100 \cdot C_v}{\sqrt{n}}, \% \quad (3.13)$$

де $\sigma_{\bar{q}}$ – середньоквадратична похибка обчислених норм річного стоку;

C_v – коефіцієнт варіації; n – тривалість спостережень.

За [30], точність вихідної інформації по річному стоку у Закарпатті знаходиться на рівні 4,1% (табл. 3.3), що повною мірою відповідає вимогам нормативних документів з розрахункових гідрологічних характеристик.

Таблиця 3.3

Точність вихідної інформації по річному стоку на території Закарпаття, визначена за рядами спостережень

№ з/п	Річка-пост	F , км ²	n , років	$\bar{q}$, дм ³ / (с·км ²)	C_v	$\sigma_{\bar{q}}$, %
1	2	3	4	5	7	8
1	р. Боржава – с. Довге	408	62	27,4	0,29	3,68
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	37	18,7	0,29	4,77
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	41	34,3	0,24	3,75
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	51	28,4	0,26	3,64
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	0,28	26	8,9	0,24	4,71
6	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	0,39	26	16,8	0,43	8,43
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	46	38,1	0,22	3,24
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	62	19,4	0,29	3,68
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	62	30,3	0,27	3,43
10	р. Латориця – м. Свалява	680	47	21,8	0,31	4,52
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	52	12,6	0,29	4,02
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	28	25,5	0,26	4,91
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	33	29,5	0,27	4,70
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	33	24,9	0,28	4,87
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	47	38,8	0,22	3,21

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	7	8
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	53	33,7	0,23	3,16
17	р. Репінка – с. Репіне	203	63	29,5	0,30	3,78
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	550	63	25,3	0,24	3,02
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	48	34,7	0,49	7,07
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	57	10,1	0,37	4,90
21	р. Тересва – с. Колочава	369	47	39,8	0,24	3,50
22	р. Тересва – смт Дубове	757	42	33,2	0,23	3,55
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	38	31,3	0,25	4,06
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	60	32,7	0,24	3,10
25	р. Тиса – смт Вилок	9140	55	23,5	0,29	3,91
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	54	27,6	0,24	3,27
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	62	24,1	0,20	2,54
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	36	21,3	0,28	4,67
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	45	21,6	0,25	3,73
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	194	46	25,4	0,24	3,54
31	р. Тур'я – с. Симер	464	51	19,3	0,31	4,34
32	р. Уж – с. Жорнава	286	57	23,5	0,25	3,31
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	62	15,9	0,25	3,18
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	62	14,9	0,27	3,43
Середнє значення		-	-	25,4	0,27	4,1

У табл. 3.4 наводяться результати визначення середніх багатолітніх модулів стоку (норм) за методиками: середнього арифметичного, з урахуванням циклічності (на основі ковзного згладжування вихідних рядів та використанням різницевих інтегральних кривих модульних коефіцієнтів).

Таблиця 3.4

Середні багаторічні модулі річного стоку у Закарпатті, обчислені за
різними методиками

№ з/п	Річка-пост	F , км ²	$H_{сер}$, м	Середній багаторічний модуль стоку, дм ³ /(с·км ²)		
				середнє арифм.	за інтегр. різниць. кривими	за згладж. часовими рядами
1	2	3	4	5	6	7
1	р. Боржава – с. Довге	408	620	27,40	27,40	27,43
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	470	18,72	18,72	18,66
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	1100	34,28	34,28	34,28
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	760	28,38	28,38	28,38
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	0,28	550	8,89	8,89	8,86
6	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	0,39	630	16,79	16,79	16,74
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	1060	38,11	38,11	37,95
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	570	19,43	19,43	19,45
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	720	30,34	30,34	30,37
10	р. Латориця – м. Свалява	680	700	21,82	21,82	21,85
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	310	12,57	12,57	12,58
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	897	25,47	25,47	25,20
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	770	29,53	29,53	29,46
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	700	24,85	24,85	24,85
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	1100	38,83	38,83	38,74
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	820	33,71	33,71	33,71
17	р. Репінка – с. Репіне	203	780	29,51	29,51	29,46
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	550	800	25,29	25,29	25,24
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	680	34,71	34,71	34,67
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	300	10,13	10,13	10,18

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7
21	р. Терембля – с. Колочава	369	1000	39,78	39,78	39,92
22	р. Тересва – смт Дубове	757	1000	33,20	33,20	33,06
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	930	31,29	31,29	31,27
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	1100	32,69	32,69	32,71
25	р. Тиса – смт Вилок	9140	-	23,49	23,49	23,46
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	1200	27,62	27,62	27,72
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	1100	24,06	24,06	24,07
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	-	21,28	21,28	21,33
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	870	21,59	21,59	21,58
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	194	1000	25,41	25,41	25,36
31	р. Тур'я – с. Симер	464	540	19,33	19,33	19,38
32	р. Уж – с. Жорнава	286	670	23,50	23,50	23,57
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	560	15,94	15,94	15,95
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	530	14,89	14,89	14,89

Порівнювальний аналіз представлений рівнянням:

– з урахуванням циклічності, визначеної за допомогою різницевого інтегральних кривих модульних коефіцієнтів річного стоку ($\bar{q}_u$) і середніми арифметичними значеннями ($\bar{q}$)

$$\bar{q} = 1,004 \cdot \bar{q}_u; \quad r = 1,0 \quad (3.14)$$

– з урахуванням циклічності, визначеної за допомогою різницевого інтегральних кривих модульних коефіцієнтів річного стоку ($\bar{q}_u$) і з використанням ковзного згладжування часових рядів

$$\bar{q}_{\text{ковз}} = 1,01 \cdot \bar{q}_u; \quad r = 0,99 \quad (3.15)$$

Рівняння (3.14) і (3.15) є об'єктивною підставою для застосування будь-якого з методів для розрахунку норм річного стоку у Закарпатті по наявних часових рядах тривалістю від початку спостережень і по 2010 рік.

Не зважаючи на це, інтерес представляє також виявлення трендів (тенденцій у часових змінах річного стоку). З цією метою були використані усі 34 ряди і побудовані хронологічні графіки характеристик річного стоку (дод. А). Характеристики часових трендів і перевірка коефіцієнтів кореляції r на значущість наведені у табл. 3.5.

Перевірка значущості коефіцієнта кореляції r проводилася за двома критеріями.

По-перше, коефіцієнт кореляції r вважається значущим, якщо виконується умова:

$$r \geq 2\sigma_r, \quad (3.16)$$

де σ_r – середня квадратична похибка емпіричного коефіцієнта кореляції, яка визначається за рівнянням:

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}, \quad (3.17)$$

де n – тривалість рядів.

По-друге, на рівні значущості $\alpha = 0,05$ перевірялася гіпотеза про статистичну значущість коефіцієнта кореляції r .

Розраховувались значення критерію Стюдента при $n > 50$

$$t = \frac{|r|}{\sigma_r}, \quad (3.18)$$

Таблиця 3.5

Параметри часових трендів річного стоку річок Закарпаття

№ з/п	Річка-пост	n років	Вид залежності	Коефіцієнт кореляції, r	Середня квадратична похибка σ_r	Критерій Стюдента t	$t_{кр}$ ($\alpha = 0,05$, $\nu = n - 1$)	Значущість коефіцієнта кореляції
1	2	3	4	5		6	7	8
1	р. Боржава – с. Довге	62	$y = 0,019x - 26$	0,102	0,13	0,81	0,25	значущий
2	р. Боржава – с. Шаланки	37	$y = 0,029x - 37$	0,052	0,17	0,3	0,32	незначущий
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	41	$y = 0,067x - 123$	0,370	0,14	2,39	0,3	значущий
4	р. Веча – с. Неліпіне	51	$y = 0,051x - 95$	0,423	0,12	3,64	0,27	значущий
5	стр. Гл. Яр – сmt Міжгір'я	26	$y = 0,022x - 41$	0,284	0,19	1,4	0,38	значущий
6	стр. Йойківець – сmt Міжгір'я	26	$y = -0,030x + 66$	0,083	0,21	0,4	0,38	значущий
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	46	$y = 0,016x - 26$	0,203	0,15	1,35	0,29	значущий
8	р. Латориця – м. Мукачеве	62	$y = 0,120x - 211$	0,272	0,12	2,3	0,25	значущий
9	р. Латориця – с. Підполоззя	62	$y = 0,0096x - 9,2$	0,064	0,13	0,5	0,25	значущий

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	р. Латориця – м. Свалява	47	$y = -0,022x + 58$	0,064	0,15	0,43	0,29	значущий
11	р. Латориця – м. Чоп	52	$y = 0,078x - 119$	0,111	0,14	0,81	0,27	значущий
12	р. Лопушна – с. Лопушне	28	$y = 0,009x - 16$	0,300	0,18	1,55	0,38	значущий
13	р. Лужанка – с. Нересниця	37	$y = -0,0003x + 5$	0,014	0,17	0,08	0,32	незначущий
14	р. Люта – с. Чорноголова	33	$y = 0,021x - 37$	0,168	0,18	0,93	0,35	значущий
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	47	$y = -0,0003x + 9$	0,002	0,15	0,01	0,29	незначущий
16	р. Пилипець – с. Пилипець	43	$y = -0,007x + 16$	0,327	0,14	2,14	0,3	значущий
17	р. Репінка – с. Репіне	63	$y = 0,053x - 98$	0,528	0,09	5,76	0,25	значущий
18	р. Ріка – сmt Міжгір'я	63	$y = 0,047x - 80$	0,253	0,12	2,13	0,25	значущий
19	р. Ріка – м. Хуст	48	$y = 0,774x - 1487$	0,563	0,10	4,28	0,29	значущий
20	р. Стара – с. Зняцеве	57	$y = 0,013x - 24$	0,259	0,12	2,08	0,25	значущий
21	р. Теремля – с. Колочава	47	$y = 0,118x - 218$	0,445	0,12	3,17	0,29	значущий

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	р. Тересва – сміт Дубове	42	$y = 0,154x - 277$	0,327	0,14	2,12	0,39	значущий
23	р. Тересва – с. Нересниця	38	$y = 0,276x - 511$	0,356	0,15	2,21	0,32	значущий
24	р. Тересва – сміт Усть-Чорна	60	$y = 0,069x - 118$	0,262	0,12	2,16	0,25	значущий
25	р. Тиса – сміт Виліок	55	$y = -0,035x + 285$	0,009	0,14	0,07	0,27	незначущий
26	р. Біла Тиса – м. Луги	54	$y = 0,018x - 30$	0,221	0,13	1,69	0,27	значущий
27	р. Тиса – м. Рахів	62	$y = 0,085x - 143$	0,293	0,12	2,5	0,25	значущий
28	р. Тиса – м. Тячів	36	$y = -0,55x + 1224$	0,166	0,17	0,97	0,32	значущий
29	р. Тиса – м. Хуст	45	$y = -0,288x + 739$	0,090	0,15	0,58	0,29	значущий
30	р. Ч. Тиса – сміт Ясиня	46	$y = -0,004x + 12$	0,042	0,15	0,28	0,29	незначущий
31	р. Тур'я – с. Симер	51	$y = 0,009x - 8$	0,045	0,14	0,32	0,27	значущий
32	р. Уж – с. Жорнава	57	$y = 0,004x - 2$	0,041	0,13	0,31	0,25	значущий
33	р. Уж – с. Зарічеве	62	$y = 0,046x - 71$	0,159	0,12	1,27	0,25	значущий
34	р. Уж – м. Ужгород	62	$y = -0,008x + 45$	0,017	0,13	0,14	0,25	незначущий

та при $n < 50$

$$t = \frac{|\hat{r}|}{\sigma_r}, \quad (3.19)$$

де

$$\hat{r} = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}, \quad (3.20)$$

і порівнювалися із значеннями $t_{kp}(\alpha; \nu = n - 1)$.

Якщо $t < t_{kp}$, приймається гіпотеза H_0 про статистичну незначущість, тобто про випадковість отриманої оцінки коефіцієнта кореляції r . У протилежному випадку, коли $t > t_{kp}$, гіпотеза H_0 відкидалася й приймалася альтернативна гіпотеза H_1 про те, що коефіцієнт кореляції є статистично значущим [129].

Аналіз даних свідчить про відсутність однозначної чітко вираженої тенденції до змін у рядах стоку. Коефіцієнти регресії в цілому незначні, змінюються від (-0,55) до 0,77, але у переважній більшості – менші за 0,1. Тренди у просторі мають випадковий характер, що у подальшому не потребує районування території за знаком часових тенденцій у рядах річного стоку.

Щодо норм річного стоку у Закарпатті, то досліджування особливостей коливань річного стоку за допомогою різницевих інтегральних кривих та за згладженими часовими рядами, дозволили виділити періоди різної водності, та розрахувати середні арифметичні значення річного стоку за весь період спостережень та з урахуванням періодів водності. Отримані результати показали незначущий вплив періодів різної водності на визначення середнього арифметичного. Отже, нами до розрахунків рекомендується прийняти середні арифметичні значення річного стоку, встановлені за

даними спостережень. Як видно з табл. 3.4, середні багатолітні модулі річного стоку змінюються від $8,89 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ – стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я ($F = 0,28 \text{ км}^2$) до $39,78 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ – р. Теребля – с. Колочава ($F = 369 \text{ км}^2$).

3.4. Просторове узагальнення норм річного стоку на території Закарпаття

У розділі 2 йшлося про те, що у межах рівнинної території норми річного стоку підпорядковуються переважно широтній закономірності, а у гірських районах – висотній поясності. Основними особливостями формування стоку гірських річок є вертикальна зональність фізико-географічних умов водозборів. Для обґрунтування стоку гірських річок зазвичай використовується залежність модуля середньобагаторічного стоку від середньої висоти басейну. Оскільки Закарпаття відноситься до гірських територій, нами за даними табл. 3.4 обґрунтована залежність модулів стоку $\bar{q}$ від середньої висоти річкових водозборів $H_{\text{сер}}$ (рис. 3.5).

Як видно з рисунку, доволі чітко прослідковується зростання $\bar{q}$ при збільшенні середньої висоти водозборів $H_{\text{сер}}$. Описується залежність рівнянням

$$\bar{q} = 0,026(H_{\text{сер}} - 1000) + \bar{q}_{H=1000}; \quad r = 0,76 \quad (3.21)$$

де $\bar{q}_{H=1000}$ – норма річного стоку, приведена до умовної висоти $H_{\text{сер}} = 1000 \text{ м}$, і яка дорівнює в середньому у Закарпатті $31,2 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

Коефіцієнт кореляції r є значущим. З (3.21) можна записати рівняння для коефіцієнта впливу висотного положення водозборів на норму річного стоку у Закарпатті

$$k_H = 1 + 0,83 \times 10^{-3} (H_{\text{сер}} - 1000). \quad (3.22)$$

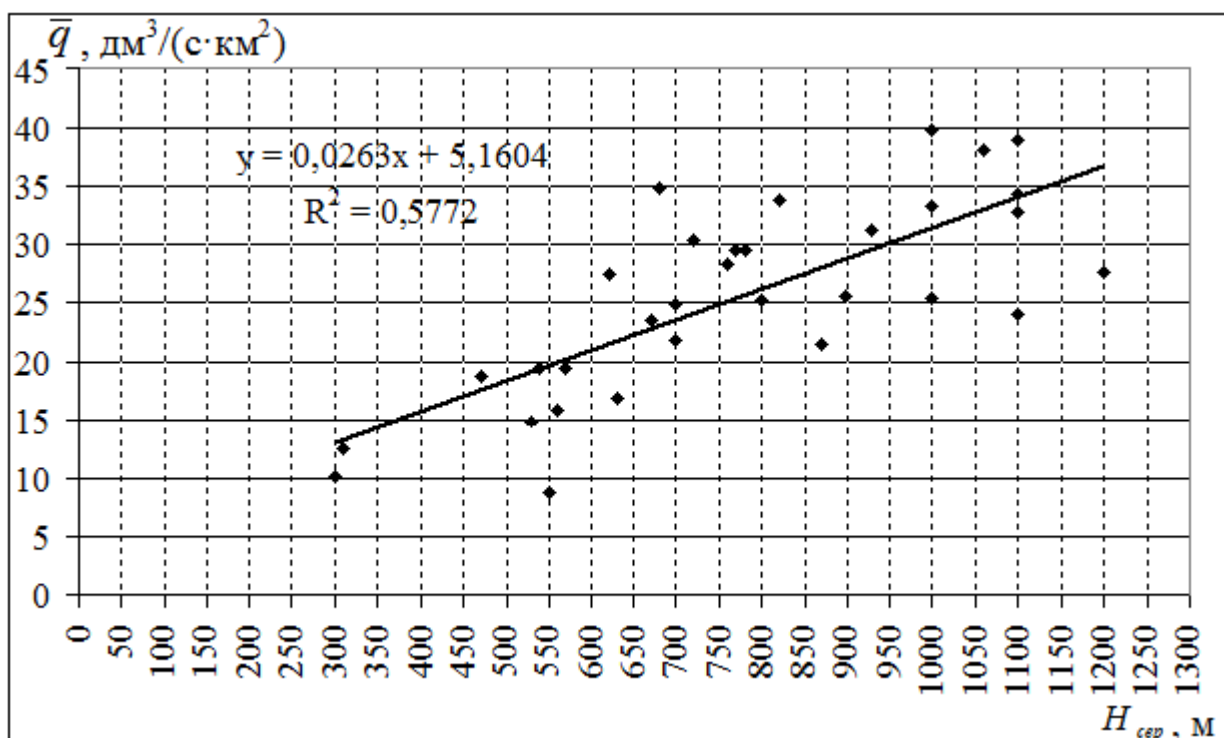


Рис. 3.5 Залежність норм річного стоку від висотного положення водозборів річок Закарпаття

На водозборах з площами $F \leq 20 \text{ км}^2$ норми стоку відрізняються від норм стоку на водозборах з більшими площами (в бік від'ємних значень). Для таких водозборів нами [30] запропоновані відповідні поправкові коефіцієнти k_F (табл. 3.6)

Таблиця 3.6

Перехідні коефіцієнти зниження норм річного стоку на водозборах з площами $F \leq 20 \text{ км}^2$ [30]

$F, \text{ км}^2$	0	2	5	10	15	≥ 20
k_F	0,52	0,60	0,76	0,88	0,96	1,0

З урахуванням розмірів водозборів (табл. 3.6) і приведенного модуля

$$\bar{q} = [0,026(H_{\text{сер}} - 1000) + \bar{q}_{H=1000}]k_F, \quad (3.23)$$

за рівнянням (3.23) при $H_{\text{сер}} = 1000 \text{ м}$ і $\bar{q}_{H=1000} = 31,2 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ виконані перевірочні розрахунки, з метою можливого використання цього рівняння у практичній діяльності. Результати перевірки представлені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Перевірочні розрахунки норм річного стоку у Закарпатті
за рівнянням (3.23)

№ з/ п	Річка-пост	F , км^2	$H_{\text{сер}}$, м	$\bar{q}_{\text{розн}}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$\bar{q}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	k_F	$\delta_{\bar{q}}$, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	р. Боржава – с. Довге	408	620	21,3	27,4	1	-22,2
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	470	17,4	18,7	1	-6,9
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	1100	33,8	34,3	1	-1,4
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	760	25,0	28,4	1	-12,1
5	стр. Гл. Яр – сmt Міжгір'я	0,28	550	9,0	8,9	0,54	0,9
6	стр. Йойківець – сmt Міжгір'я	0,39	630	10,1	16,8	0,56	-39,6
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	1060	32,8	38,1	1	-14,0
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	570	20,0	19,4	1	3,0
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	720	23,9	30,3	1	-21,2
10	р. Латориця – м. Свалява	680	700	23,4	21,8	1	7,2
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	310	13,3	12,6	1	5,5
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	897	28,5	25,5	1	11,9

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	770	25,2	29,5	1	-14,6
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	700	23,4	24,9	1	-5,8
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	1100	33,8	38,8	1	-13,0
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	820	26,5	33,7	1	-21,3
17	р. Репінка – с. Репіне	203	780	25,5	29,5	1	-13,7
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	550	800	26,0	25,3	1	2,8
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	680	22,9	34,7	1	-34,1
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	300	13,0	10,1	1	28,3
21	р. Тересва – с. Колочава	369	1000	31,2	39,8	1	-21,6
22	р. Тересва – смт Дубове	757	1000	31,2	33,2	1	-6,0
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	930	29,4	31,3	1	-6,1
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	1100	33,8	32,7	1	3,4
25	р. Тиса – смт Вилок	9140	-	-	23,5	1	-
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	1200	36,4	27,6	1	31,8
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	1100	33,8	24,1	1	40,5
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	-	-	21,3	1	-
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	870	27,8	21,6	1	28,9
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	194	1000	31,2	25,4	1	22,8
31	р. Тур'я – с. Симер	464	540	19,2	19,3	1	-0,5
32	р. Уж – с. Жорнава	286	670	22,6	23,5	1	-3,7
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	560	19,8	15,9	1	24,0
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	530	19,0	14,9	1	27,5
Середнє значення							15,5

Відхилення розрахункових модулів стоку $\bar{q}_{розр}$ від вихідних даних змінюється від |0,5|% (р. Тур'я – с. Симер) до |40,5|% (р. Тиса – м. Рахів), а в

середньому дорівнюють $|15,5|\%$, що не відповідає як точності вихідної інформації ($\sigma_{\bar{q}}=4,1\%$), так і вимогам діючих нормативних документів [91].

Таким чином, щоб методика була корисною для подальшого застосування, необхідно уточнити розрахунковий параметр $\bar{q}_{H=1000}$. На нього можуть впливати такі місцеві фактори як географічне положення річкових водозборів, їх залісеність та заболоченість, наявність карсту й інші чинники (ступінь дренажу ґрунтових вод, географічне положення об'єктів). Із використанням ґрунтової складової вдалось виявити від'ємний вплив на річний стік цієї категорії географічної мережі (табл. 3.6). Для дослідження інших факторів на норму стоку $\bar{q}$ слід вичленити з формули (3.23) приведений модуль $\bar{q}_{H=1000}$ (без врахування пунктів 5 і 6), тобто

$$\bar{q}_{H=1000} = \bar{q} - 0,026(H_{\text{сеп}} - 1000). \quad (3.24)$$

Приведені до $H_{\text{сеп}}=1000\text{м}$ модулі $\bar{q}_{H=1000}$, розраховані за (3.24), представлені в дод. Д.

Змінюються вони від $20,6 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ (стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я) до $43,0 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ (р. Ріка – м. Хуст).

За вихідними даними (дод. Д) побудована залежність між $\bar{q}_{H=1000}$ і залісеністю $f_{\text{л}}$, яка ілюструється на рис. 3.6. Невисокий коефіцієнт кореляції ($r=0,2$), який не відноситься до значущих, засвідчує про відсутність взаємозв'язку між $\bar{q}_{H=1000}$ і $f_{\text{л}}$ в гірських умовах Закарпаття.

З метою покращення якості рівняння (3.21) при розрахунку норм річного стоку у межах території Закарпаття за відсутності безпосередніх гідрологічних спостережень здійснено картування приведених до умовної висоти місцевості $H_{\text{сеп}}=1000\text{м}$ модулів стоку $\bar{q}_{H=1000}$ (рис. 3.7). Вихідні дані приведені у дод Д.

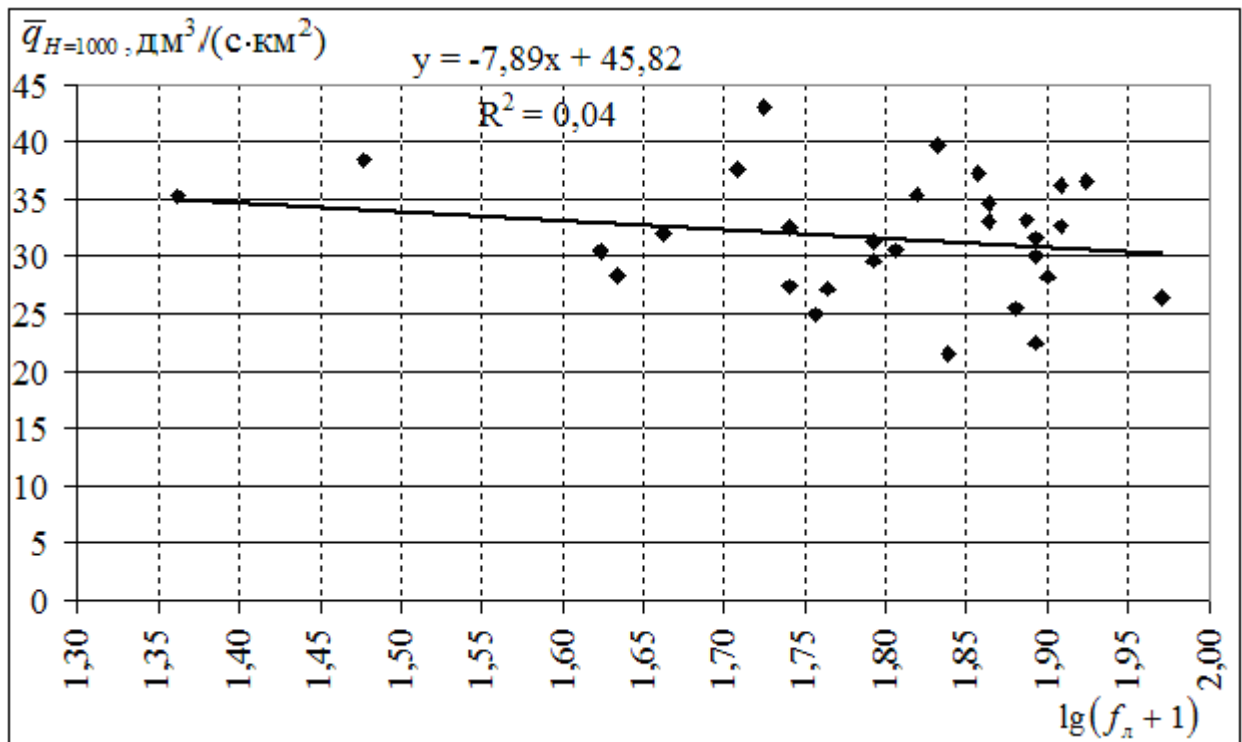


Рис. 3.6 Залежність норм річного стоку $\bar{q}_{H=1000}$, приведених до умовної висоти водозборів $H_{сер} = 1000$ м, від залісеності водозборів у Закарпатті

При побудові карти ізоліній наявні величини $\bar{q}_{H=1000}$ відносились до геометричних центрів водозборів. Ізолінії проведені через $2,0 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. Змінюються вони від $22 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ в басейні верхів'їв р. Чорна Тиса до $40 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ – у межиріччі верхів'їв річок Боржави і Ріки [32].

Суттєвим недоліком отриманої карти розподілу $\bar{q}_{H=1000}$ є те, що побудована вона за даними спостережень гідрографічної мережі, у якій пункти спостережень розміщуються у середній та верхній течії річок, а нижня частина водозборів залишається неосвітленою даними спостережень. Недоліки у розміщенні гідрологічних постів підсилюються ще й тим, що при картуванні норм річного стоку дані ще більше зміщуються у напрямку верхів'їв річок. На карті норм річного стоку (рис. 3.7) чітко виділяються області підвищеного стоку – в верхів'ях Ріки (з $\bar{q}_{H=1000} = 43 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$) і значно зменшеного – у верхів'ях р. Чорна і Біла Тиса (з $\bar{q}_{H=1000} = 25,4 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ і $22,4 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$).

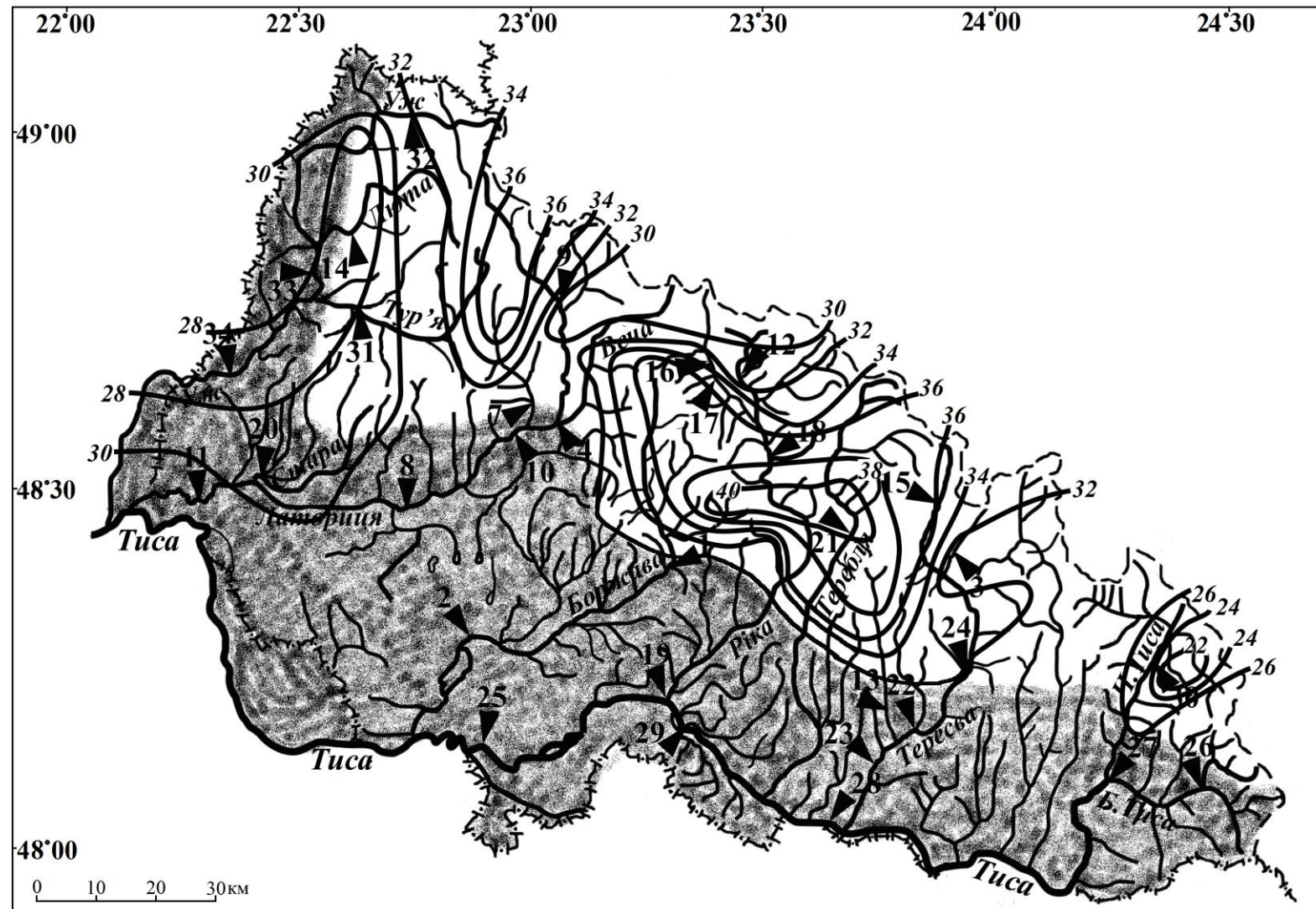


Рис. 3.7 Карта норм річного стоку, приведених до умовної висоти $H_{\text{сер}} = 1000$ м: ■ – територія, у межах якої

відсутні дані $\bar{q}_{H=1000}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ [32]

Щоб висвітлити даними $\bar{q}_{H=1000}$ усю територію басейну р. Тиси (у межах Закарпаття), нами [31] були залучені до аналізу й річні опади (дод. Д). По території вони змінюються від 810 мм (р. Б.Тиса – м. Луги) до 1250 мм (р. Тересва – с. Нересниця, р. Теремля – с. Колочава).

На рис. 3.8 наводиться залежність між $\bar{q}_{H=1000}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ і $\bar{X}/1000$, яка описується рівнянням

$$\bar{q}_{H=1000} = 15,7 \left(\frac{\bar{X}}{1000} \right) + 14,7; \quad r = 0,36 \quad (3.25)$$

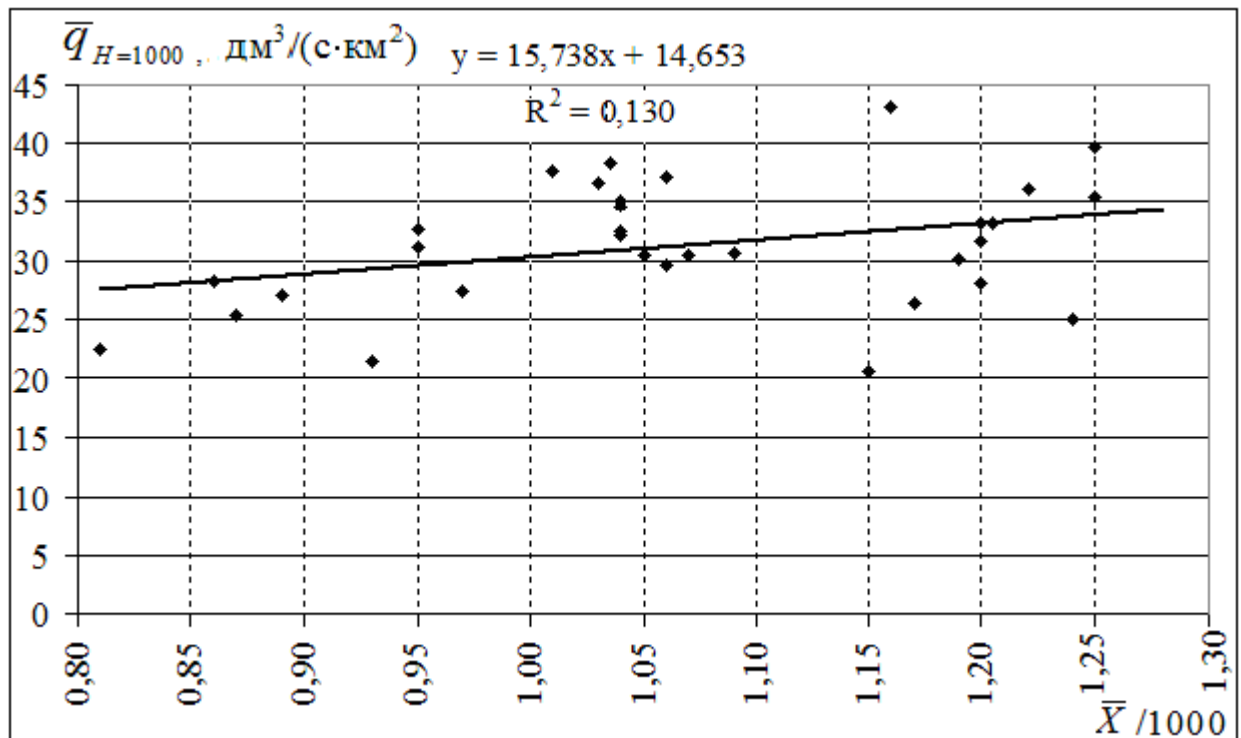


Рис. 3.8 Залежність норм річного стоку $\bar{q}_{H=1000}$ на території Закарпаття від величини $\bar{X}/1000$

Коефіцієнт кореляції $r=0,36$ відноситься до значущих при рівні значущості $\rho=5\%$.

За допомогою рівняння (3.21) і (3.25) отримуємо

$$\bar{q} = 0,026(H_{\text{сер}} - 1000) + 15,7(\bar{X}/1000) + 14,7. \quad (3.26)$$

Виконані перевірочні розрахунки з метою можливого використання цього рівняння у практичній діяльності. Результати перевірки представлені у табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Перевірочні розрахунки норм річного стоку у Закарпатті
за рівнянням (3.26)

№ з/ п	Річка-пост	F , км ²	$H_{\text{сер}}$, м	$\bar{X}$, мм	$\bar{q}_{\text{розн}}$, дм ³ / (с·км ²)	$\bar{q}$, дм ³ / (с·км ²)	$\delta_{\bar{q}}$, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	р. Боржава – с. Довге	408	620	1060	21,5	27,4	-21,7
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	470	1040	17,3	18,7	-7,9
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	1100	1200	36,1	34,3	5,4
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	760	1040	24,8	28,4	-12,7
5	стр. Гл. Яр – сmt Міжгір'я	0,28	550	1150	9,1	8,9	1,8
6	стр. Йойківець – сmt Міжгір'я	0,39	630	1170	10,1	16,8	-39,9
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	1060	1030	32,4	38,1	-14,9
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	570	1090	20,6	19,4	6,2
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	720	1010	23,3	30,3	-23,3
10	р. Латориця – м. Свалява	680	700	1060	23,5	21,8	7,9
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	310	1070	13,6	12,6	7,9
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	897	1200	30,9	25,5	21,2

Відхилення розрахункових модулів $\bar{q}_{розр}$ від вихідних даних змінюється від |13|% (р. Тересва – смт Дубове) до |42,6|% (р. Тиса – м. Хуст), а в середньому дорівнюють |13,6|%, що не відповідає ні точності вихідної інформації ($\sigma_{\bar{q}}=4,1\%$), ні вимогам діючих нормативних документів [91].

Таким чином, щоб методика була корисною для подальшого застосування, необхідно здійснити уточнення просторового розподілу $\bar{q}_{H=1000}$.

За вихідними даними (дод. Д) була побудована карта середніх багаторічних опадів $\bar{X}$ (рис. 3.9).

За допомогою рівняння (3.25) та карти середніх багаторічних опадів $\bar{X}$ (рис. 3.9) для відтворення у межах Закарпаття норм річного стоку (рис. 3.10) були додатково визначені спочатку розрахункові величини $\bar{X}$ для 29 довільно призначених пунктів, для яких установлювалися модулі річного стоку $\bar{q}_{H=1000}$ (табл. 3.9).

Нанесені на карту (рис. 3.10) дані спостережень $\bar{q}_{H=1000}$ і розраховані за рівнянням (3.25) дали змогу побудувати карту приведених модулів $\bar{q}_{H=1000}$, а вже за її допомогою уточнити й методику визначення $\bar{q}$.

Методика розрахунку норм річного стоку на території Закарпаття полягає у наступному:

1. Для досліджуваних об'єктів (рис. 3.10), використовуючи карту приведених модулів стоку $\bar{q}_{H=1000}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ до умовної середньої висоти водозборів ($H_{сер}=1000\text{м}$) для окремих басейнів знімаються пошукові величини $\bar{q}_{H=1000}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

2. За рівнянням (3.23), підставляючи в нього встановлені за картою модулі $\bar{q}_{H=1000}$, розраховуються норми стоку $\bar{q}$. Для зручності рівняння (3.23) можна представити в редакції

$$\bar{q} = (\bar{q}_{H=1000}) \cdot k_H \cdot k_F, \quad (3.27)$$

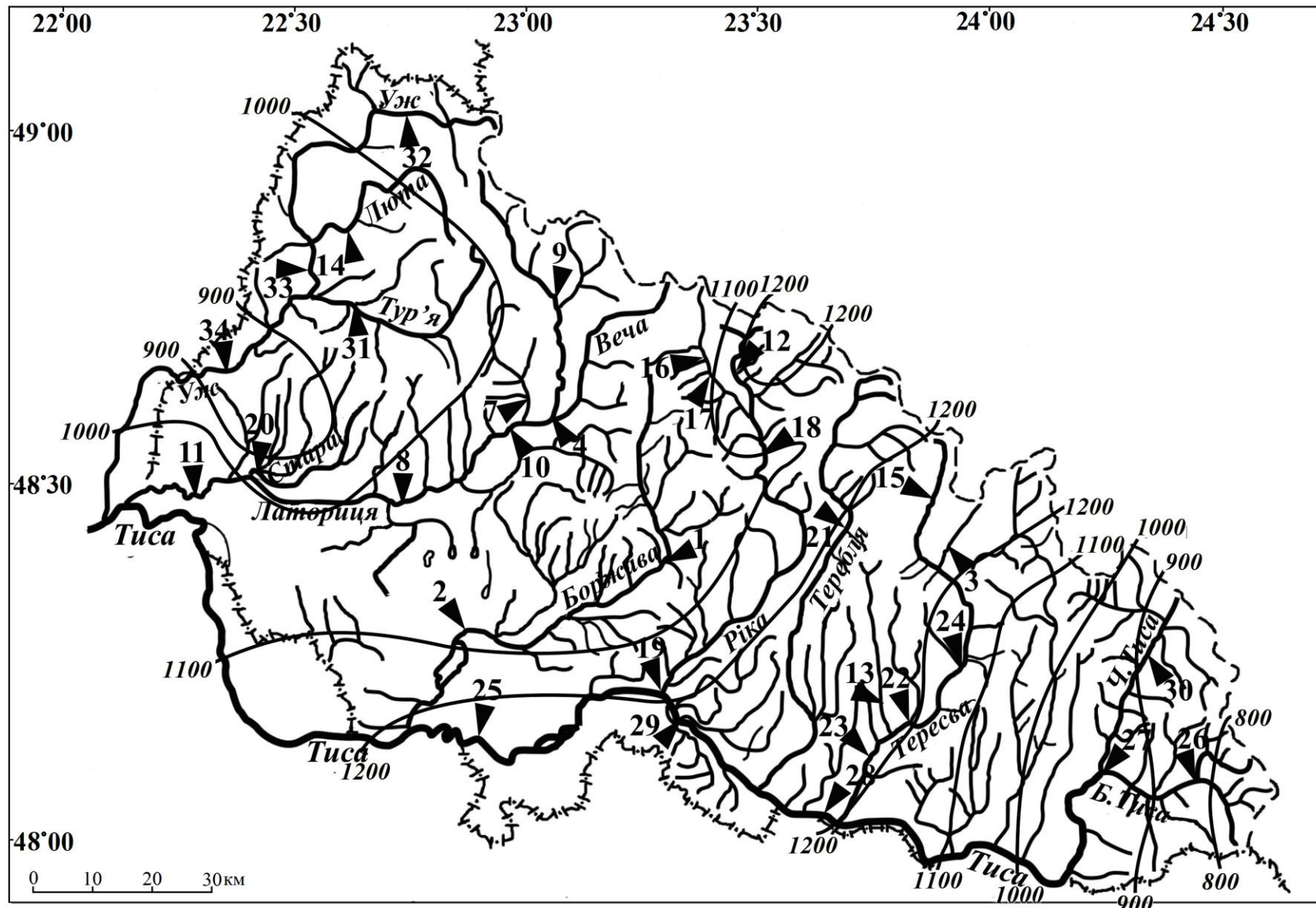


Рис. 3.9 Розподіл по території Закарпаття середніх багаторічних опадів $\bar{X}$, мм

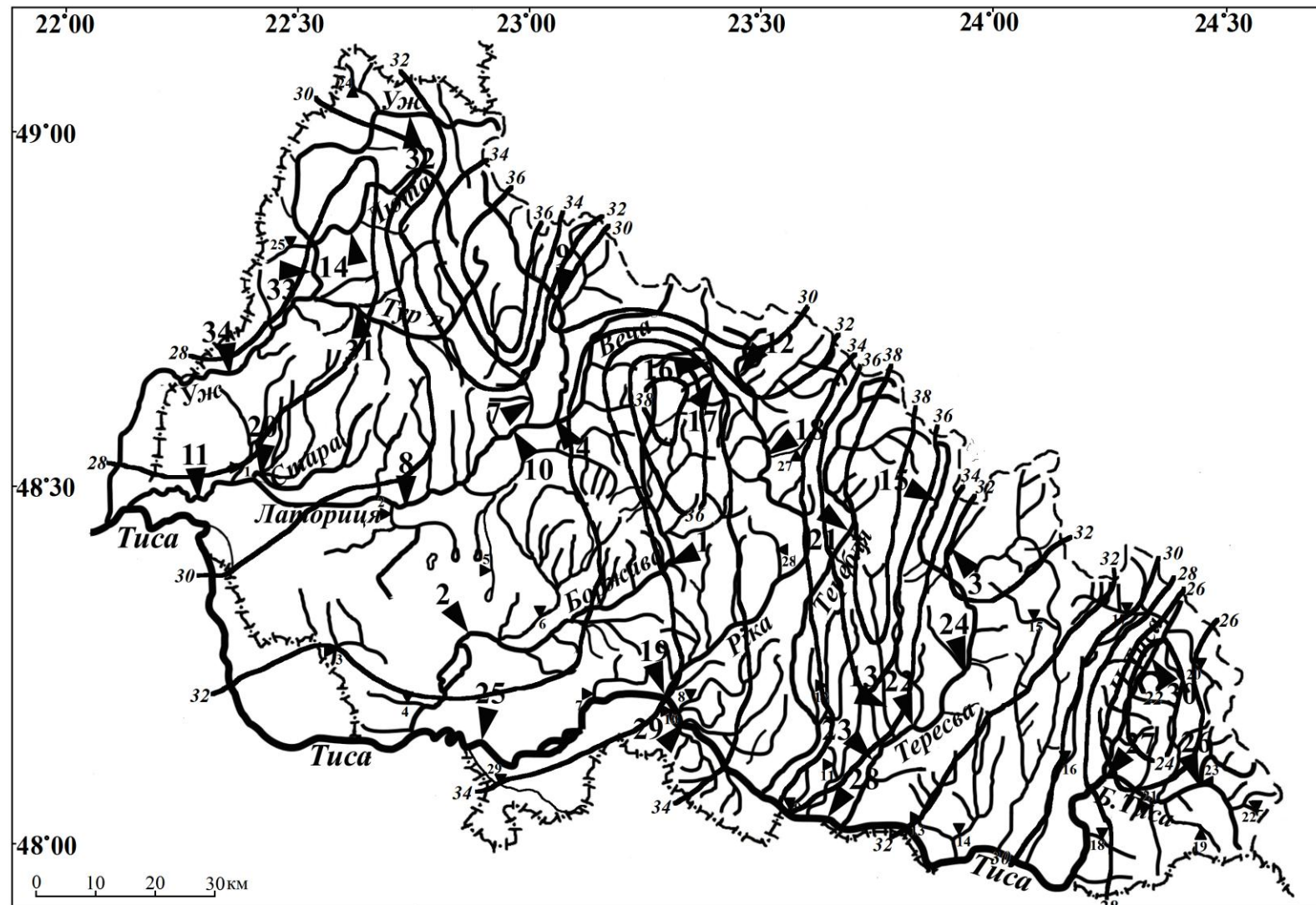


Рис. 3.10 Розподіл по території Закарпаття приведених до умовної висоти $H_{\text{сер}} = 1000\text{ м}$ норм річного стоку

$$\bar{q}_{H=1000}, \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2) [32]$$

де k_H – коефіцієнт впливу на норму стоку висотного положення водозборів (3.22);

k_F – коефіцієнт впливу на норму стоку $\bar{q}$ розміру водозборів (табл. 3.6).

Рівняння (3.23) рекомендується застосовувати при $F \leq 20 \text{ км}^2$.

Таблиця 3.9

Вихідні дані для уточнення карти $\bar{q}_{H=1000}$ (рис. 3.10)

№ з/п	Річні опади $\bar{X}$, мм	$\bar{q}_{H=1000}$, дм ³ /(с·км ²)	№ з/п	Річні опади $\bar{X}$, мм	$\bar{q}_{H=1000}$, дм ³ /(с·км ²)
1	850	27,8	16	980	30,2
2	1070	31,8	17	1020	30,9
3	1095	32,2	18	920	29,1
4	1080	32,0	19	800	26,9
5	1070	31,8	20	850	27,8
6	1050	31,4	21	895	28,6
7	1140	33,0	22	800	26,9
8	1200	34,0	23	800	26,9
9	1200	34,0	24	1040	31,2
10	1200	34,0	25	940	29,4
11	1200	34,0	26	1040	31,2
12	1200	34,0	27	1100	32,3
13	1100	32,3	28	1100	32,3
14	1050	31,4	29	1200	34,0
15	1100	32,3	-	-	-

3.5. Перевірочні розрахунки за методикою, що пропонується для нормування річного стоку на території Закарпаття

Для визначення норм річного стоку на території Закарпаття за відсутності спостережень в дисертаційній роботі обґрунтоване рівняння вигляду

$$\bar{q} = (\bar{q}_{H=1000})_{карт} \cdot k_H \cdot k_F, \quad (3.28)$$

де $\bar{q}$ – шукане значення норми річного стоку, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;

$(\bar{q}_{H=1000})_{карт}$ – розрахункові модулі, приведені до умовної висоти водозборів $H_{сер}$, представлені відповідною картою (рис. 3.10), $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;

k_H – коефіцієнт впливу висотного положення водозборів на норму стоку (3.22);

$H_{сер} = 1000 \text{ м}$ – умовна висота, до якої приведені розрахункові модулі стоку $\bar{q}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;

k_F – коефіцієнт для врахування зниження норм річного стоку на водозборах з площами $F \leq 20 \text{ км}^2$ (табл. 3.6).

Послідовність розрахунку.

1. Базова інформація для розрахунку норм річного стоку у Закарпатті:

1.1 Площа водозборів F , км^2 .

1.2 Середня висота водозборів $H_{сер}$, м.

2. Розрахункові дані:

2.1 Карта приведених модулів стоку $\bar{q}_{H=1000}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, яка представлена на рис. 3.10. Приведені модулі стоку $\bar{q}_{H=1000}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ знімаються з карти (рис. 3.10) для окремих басейнів.

2.2 За формулою (3.22) розраховуються коефіцієнти впливу на $\bar{q}_{H=1000}$ середньої висоти водозборів.

2.3 Якщо водозбірна площа $F \leq 20 \text{ км}^2$, то за допомогою табл. 3.6 встановлюється k_F .

2.4 Встановлені розрахункові величини $\bar{q}_{H=1000}$, k_H , k_F підставляються в (3.28) і таким чином визначається пошуковий модуль стоку $\bar{q}$, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

3. Середня багатолітня витрата води $\bar{Q}$, $\text{м}^3/\text{с} = F \cdot \bar{q} \cdot 10^{-3}$, де 10^{-3} – коефіцієнт розмірності: при $\bar{q}$ – у $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, площі водозборів F – у км^2 .

Результати перевірочних розрахунків представлені у дод. Ж. Відхилення розрахункових модулів стоку $\bar{q}_{розр}$ від вихідних даних коливаються від $|0,13|\%$ р. Латориця – м. Мукачеве, р. Мокранка – с. Руська-Мокра до $|32,7|\%$ р. Тиса – м. Хуст (при середній величині – $|6,96|\%$, яка відповідає точності вихідної інформації по річному стоку у Закарпатті і вимогам чинних нормативних документів).

Запропоновану методику можна рекомендувати для практичного використання.

Висновки за розділом

У даному розділі проведена перевірка на однорідність часових рядів середньорічних модулів стоку показала, що часові ряди по окремих водозборах виявили значиму неоднорідність. На наш погляд, природа такої неоднорідності пов'язана зі структурою часових рядів з тривалими фазами багатоводних і маловодних періодів коливання стоку річок. Побудовані різницеві інтегральні криві по рядах річних модулів стоку показали, що в цілому для річок Закарпаття коливання річного стоку характеризуються синфазністю. Дослідження наявності у часових змінах водності трендів показали відсутність однозначної чітко вираженої тенденції до змін у рядах річного стоку із часом: тренди або відсутні, або їх спрямованість не співпадає

на різних річках. Перевірка точності вихідної інформації по річному стоку у Закарпатті знаходиться на рівні 4,1%, що повною мірою відповідає вимогам нормативних документів з розрахункових гідрологічних характеристик.

Оскільки Закарпаття відноситься до гірських територій, у розділі обґрунтована залежність модулів стоку $\bar{q}$ від середньої висоти річкових водозборів $H_{\text{сер}}$. Впливу залісеності водозборів на норму стоку не виявлено. Для визначення норм річного стоку на території Закарпаття за відсутності спостережень у розділі обґрунтоване рівняння з урахуванням коефіцієнтів впливу висотного положення водозборів на норму стоку та коефіцієнтів зниження норм річного стоку на водозборах з площами $F \leq 20 \text{ км}^2$.

При розрахунку норм річного стоку у межах території Закарпаття за відсутності безпосередніх гідрологічних спостережень здійснено картування приведених до умовної висоти місцевості $H_{\text{сер}} = 1000 \text{ м}$ модулів стоку $\bar{q}_{H=1000}$. Суттєвим недоліком наявної карти розподілу $\bar{q}_{H=1000}$ є те, що побудована вона за даними спостережень гідрографічної мережі, у якій пункти спостережень розміщуються переважно у середній та верхній течії річок, а нижня частина водозборів залишається невисвітленою даними спостережень. Щоб висвітлити усю територію басейну р. Тиси (у межах Закарпаття), до аналізу були залучені й річні опади. Це дало змогу обґрунтувати ту частину водозборів, по якій недостатньо було даних спостережень і за її допомогою уточнити методику визначення модулів річного стоку. Точність розрахунку норм річного стоку річок Закарпаття становить $|6,96|\%$, що відповідає точності вихідної інформації по річному стоку і вимогам діючого СНіП 2.01.14-83. Представлена методика розрахунку норм річного стоку рекомендована для практичного використання на території Закарпаття.

РОЗДІЛ 4

НОРМУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАРІАЦІЇ ТА АСИМЕТРІЇ ЧАСОВИХ РЯДІВ РІЧНОГО СТОКУ У ЗАКАРПАТТІ

4.1. Загальні відомості

Характеристикою багаторічної мінливості рядів стоку і важливим елементом статистичного аналізу часових рядів річного стоку є оцінка коефіцієнтів варіації й асиметрії, що приймаються для описування сукупності випадкових величин.

В якості таких параметрів, крім норм річного стоку, використовуються середнє квадратичне відхилення (або коефіцієнт варіації) і коефіцієнт асиметрії. Для описування деяких відомих законів розподілу (наприклад, трипараметричного гама-розподілу і біноміального в його загальній формі) застосовуються всі три параметри. У випадку використання нормального закону розподілу достатньо знати величини математичного очікування і середнього квадратичного відхилення. Розподіл Пуассона й інш. описуються з використанням лише одного параметру – математичного очікування [103].

Емпіричні криві розподілу щорічних ймовірностей перевищення будуються на клітчатках ймовірностей. Тип клітчатки ймовірностей обирається у відповідності з прийнятою аналітичною функцією розподілу ймовірностей і отриманого співвідношення коефіцієнтів асиметрії C_s до коефіцієнтів варіації C_v .

Для згладжування й екстраполяції емпіричних кривих розподілу щорічних ймовірностей перевищення в гідрології, як правило, застосовується трьохпараметричний гама-розподіл при будь-якому співвідношенні C_s/C_v . При належному обґрунтуванні допускається приймати біноміальну криву розподілу (при $C_s \geq 2C_v$) або інші функції розподілу ймовірностей. При неоднорідності рядів гідрометричних спостережень (різні умови формування

стоку) допускається застосовування усічених кривих розподілу щорічних ймовірностей перевищення [108].

Параметри аналітичних кривих розподілу: коефіцієнти варіації C_v й асиметрії C_s (або їх співвідношення) встановлюються по гідрометричних рядах спостережень за досліджуваною гідрологічною характеристикою методом найбільшої правдоподібності або моментів [122].

Розрахункові коефіцієнти варіації C_v і асиметрії C_s для трьохпараметричного гама-розподілу методом найбільшої правдоподібності визначаються в залежності від статистик λ_2 і λ_3 , які обчислюються за формулами [103, 126]:

$$\lambda_2 = \sum_{i=1}^n (\lg k_i) / (n-1); \quad (4.1)$$

$$\lambda_3 = \left(\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i \right) / (n-1), \quad (4.2)$$

де $k_i = \frac{x_i}{\bar{x}}$ – модульний коефіцієнт досліджуваної гідрологічної характеристики.

Розрахункові коефіцієнти варіації й асиметрії визначаються за допоміжними таблицями відповідно отриманих значень статистик λ_2 і λ_3 [103].

Розрахункові відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації, а також коефіцієнти автокореляції приймаються як середні значення для встановлених по даних для груп річок з найбільш тривалими спостереженнями за гідрологічною характеристикою в межах гідрологічно-однорідних районів.

Оцінку статистичної однорідності вибірових коефіцієнтів асиметрії рекомендується встановлювати на основі кривих розподілу ймовірностей за даними, отриманими методом статистичних випробувань [60-62].

При визначенні коефіцієнтів варіації й асиметрії допускається застосовування графоаналітичних і графічних методів. Зокрема, параметри біноміального розподілу можна обчислити з використанням графоаналітичного методу[62]:

$$S = (Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}) / (Q_{5\%} - Q_{95\%}); \quad (4.3)$$

$$\sigma_Q = (Q_{5\%} - Q_{95\%}) / (\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}); \quad (4.4)$$

$$\bar{Q} = Q_{50\%} - \Phi_{50\%} \sigma_Q, \quad (4.5)$$

де S – коефіцієнт скісності; $Q_{5\%}$, $Q_{50\%}$, $Q_{95\%}$ – витрати води ймовірністю перевищення відповідно 5, 50, 95%, встановлених за згладженою емпіричною кривою розподілу; $\Phi_{5\%}$, $\Phi_{50\%}$, $\Phi_{95\%}$ – нормовані ординати біноміальної кривої розподілу.

При визначенні параметрів графічним методом застосовується набір клітковин ймовірностей при фіксованому відношенні C_s/C_v .

У випадку неоднорідності вихідних даних гідрометричних спостережень, коли досліджуваний ряд складається з неоднорідних гідрологічних характеристик, емпіричні й аналітичні криві розподілу встановлюються окремо для кожної однорідної сукупності [122].

Випадкові середні квадратичні похибки вибірових середніх $\sigma_{\bar{Q}}$ визначаються за залежністю

$$\sigma_{\bar{Q}} = (\sigma_Q / \sqrt{n}) \sqrt{(1+r)/(1-r)}, \quad (4.6)$$

де $\sigma_{\bar{Q}}$ – середньоквадратичне відхилення; r – коефіцієнт внутрірядної кореляції.

Застосовується (4.6) при коефіцієнтах автокореляції між суміжними членами ряду r , менших за 0,5. При більших коефіцієнтах кореляції $\sigma_{\bar{Q}}$ рекомендується розраховувати за формулою [97]

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{\sigma_Q}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1 + \frac{2r}{n(1-r)} \left(n - \frac{1-r^n}{1-r} \right)}{1 - \frac{2r}{n(n-1)(1-r)} \left(n - \frac{1-r^n}{1-r} \right)}}. \quad (4.7)$$

За наявності достовірних відомостей про випадкові відносні квадратичні похибки вихідних даних гідрометричних спостережень оцінки коефіцієнтів варіації й асиметрії допускається уточнювати за рівняннями:

$$Cv = \sqrt{(Cv_H^2 - \sigma_0^2)/(1 + \sigma_0^2)}; \quad (4.8)$$

$$Cs = \frac{1}{1 + 3\sigma_0^2} \sqrt{\frac{1 + \sigma_0^2}{Cv_H^2 - \sigma_0^2}} \left[\frac{Cv_H^3 (1 + \sigma_0^2)}{Cv_H^2 - \sigma_0^2} Cs_H - 6\sigma_0^2 \right], \quad (4.9)$$

де Cv_H , Cs_H – відповідно коефіцієнти варіації й асиметрії, розраховані за даними спостережень; σ_0 – випадкова відносна середня квадратична похибка вихідних даних гідрометричних спостережень.

При врахуванні гідрологічної характеристики, яка не входить в безперервний n -річний ряд даних гідрометричних спостережень, параметри встановлюються за залежностями [103, 126]:

а) методом найбільшої правдоподібності за допомогою статистик λ_2 і λ_3 :

$$\lambda_2 = \frac{1}{N} \left(\lg \frac{Q_N}{Q} + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^n \lg \frac{Q_i}{Q} \right); \quad (4.10)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{N} \left(\frac{Q_N}{Q} \lg \frac{Q_N}{Q} + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{Q} \lg \frac{Q_i}{Q} \right); \quad (4.11)$$

б) методом моментів за формулами:

$$\bar{Q} = \frac{1}{N} \left(Q_N + \frac{N-1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \right); \quad (4.12)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\left(\frac{Q_N}{Q} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{Q} - 1 \right)^2 \right]}. \quad (4.13)$$

Використання формул (4.10)-(4.13) допускається лише в тих випадках, коли історичні відомості про визначні гідрологічні величини і кількість років їх неперевикнення, достатньо обґрунтовані архівними матеріалами або отримані в результаті опитування місцевих жителів.

Коефіцієнт асиметрії C_s – один з трьох основних статистичних параметрів розподілу, необхідних для обчислення значень річного стоку з заданою щорічною ймовірністю перевикнення, не є самостійним параметром. Зазначимо, що гідрологічні ряди взагалі статистично недостатні, тобто не дозволяють надійно обчислювати C_s . По суті, вони самі є випадковими, якщо їх розглядати за групами об'єктів. А тому, виходячи із випадковості величин C_s , при коротких рядах їх значення обчислюються у межах однорідних територій за співвідношенням C_s/C_v [25, 97].

4.2. Оцінка коефіцієнтів варіації річного стоку за наявності тривалих часових рядів спостережень

Як вже відзначалось, однією з базових характеристик водних ресурсів річок є норма стоку. Але при вирішенні численних водогосподарських проектів недостатньо відомостей тільки про їх середню водність.

Важливими «параметрами» розподілу стокових величин у багаторічному періоді є коефіцієнти варіації й асиметрії [25].

За наявності гідрологічних спостережень коефіцієнти варіації зазвичай розраховуються за формулою [103, 126]

$$Cv = \frac{\sigma_q}{\bar{q}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (4.14)$$

де $\bar{q}$ – середній багаторічний модуль річного стоку (дм³/с·км²); σ_q – середнє квадратичне відхилення річного стоку від його середнього значення; k_i – модульні коефіцієнти; n – число років спостережень.

Відносна середня квадратична похибка обчислення коефіцієнтів варіації з урахуванням асиметричного розподілу річних величин стоку визначається за формулою [103]

$$\sigma_{Cv} = \frac{\sqrt{1 + Cv^2}}{\sqrt{2n}}. \quad (4.15)$$

У відповідності з нормативним документом СНіП 2.01.14-83, випадкові середні квадратичні похибки коефіцієнтів варіації при $Cs = 2Cv$ визначаються за залежністю

$$\sigma_{Cv} = \frac{Cv}{n + 4Cv^2} \cdot \sqrt{\frac{n(1 + Cv^2)}{2}} \cdot \left(1 + \frac{3Cv \cdot r^2}{1 + r}\right), \quad (4.16)$$

де r – коефіцієнт автокореляції.

4.3. Оцінка коефіцієнтів варіації та асиметрії річного стоку при коротких рядах спостережень

За рекомендацією СНіП 2.01.14-83 [97], точність розрахунку Cv часових рядів річного стоку повинна знаходитись на рівні $\sigma_{Cv} \leq (10-15\%)$.

В усіх інших випадках (якщо є можливість) необхідно здійснювати приведення коефіцієнтів варіації до багаторічного періоду по річках-аналогах з більш тривалими рядами спостережень. Аналог приймається, виходячи з умов синхронних коливань річного стоку обох річок.

Приведення коефіцієнтів варіації до багаторічного періоду засноване на припущенні, що відповідність коливань стоку, яка спостерігалася за час паралельних спостережень на обох постах, залишається і протягом більш тривалого періоду. Тому зберігається пропорційність Cv зі зміною тривалості рядів.

Отже [21],

$$Cv_{(N)} = Cv_{(N),a} \frac{Cv_{(n)}}{Cv_{(n),a}}, \quad (4.17)$$

де $Cv_{(N)}$ та $Cv_{(n)}$ – коефіцієнти варіації річного стоку, обчислені по тривалому (N) і короткому (n) рядах спостережень; індекс "a" означає приналежність параметрів до річок-аналогів.

Разом з тим приведення коефіцієнтів варіації є абсолютно необхідним, якщо ряди спостережених величин стоку в короткорядних пунктах не містять одного або декількох досить багатоводних і маловодних років, що входять в тривалі ряди, наявні для річок-аналогів.

Значення коефіцієнта асиметрії C_s може бути визначене за відомою формулою [36]

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k-1)^3}{nCv^3} \cdot \frac{n^2}{(n-1)(n-2)}. \quad (4.18)$$

Похибка розрахунку C_s залежить від числа років спостережень і коефіцієнта варіації C_v . Відносна середня квадратична похибка коефіцієнта асиметрії при найбільш поширеному його значенні ($C_s = 2C_v$) з урахуванням асиметричного розподілу річних величин стоку, згідно з С.Н. Крицьким і М.Ф. Менкелем [60, 62], може бути обчислена за формулою

$$\sigma_{C_s} = \sqrt{\frac{6}{n} \cdot (1 + 6Cv^2 + 5Cv^4)}. \quad (4.19)$$

Але при цьому слід зауважити, що за наявними для більшості тривалостей річок рядах річних величин стоку неможливо визначити коефіцієнт асиметрії з необхідною точністю.

Тому в сучасній практиці гідрологічних розрахунків величини C_s або призначаються нормативно, або вводяться поправки на тривалість рядів в обчисленні значення C_s . Як було показано С.Н. Крицьким і М.Ф. Менкелем [60, 62], граничні значення C_s визначаються за відношенням:

$$C_s = \frac{2Cv}{1 - K_{\min}} \geq 2Cv, \quad (4.20)$$

де $K_{\min}$ – мінімальний модульний коефіцієнт річного стоку.

Підбір коефіцієнтів асиметрії проводиться, виходячи з умови найбільшої відповідності емпіричним точкам прийнятої кривої забезпеченості, ординати якої обчислені при заданому значенні C_s .

Поправка до обчисленого значення C_s на тривалість рядів може бути визначена за наближеною формулою, що застосовується при розрахунках в США [134]

$$C_s = C_{s_B} \left(1 + \frac{8,5}{n} \right), \quad (4.21)$$

де C_{s_B} – коефіцієнт асиметрії, обчислений за формулою (4.18), n – тривалість періоду спостережень.

Ординати біноміальних кривих забезпеченості визначаються за допомогою таблиці їх нормованих відхилень від середнього значення за формулою

$$K_p = 1 + C_v \Phi(p, C_s) \quad (4.22)$$

чи

$$q_p = \bar{q} [1 + C_v \Phi(p, C_s)]. \quad (4.23)$$

У формулах (4.22) і (4.23) K_p і q_p – модульний коефіцієнт і модуль стоку, забезпеченістю $p\%$, Φ – відносне відхилення ординат біноміальної кривої забезпеченості від середини (одиниці) при $C_v = 1$ і заданій величині C_s . За побудованою емпіричною кривою забезпеченості з використанням графоаналітичного методу визначаються три її опорні ординати: $q_{5\%}$, $q_{50\%}$ і $q_{95\%}$.

За їх величинами обчислюються коефіцієнти скісності S , які є функцією коефіцієнтів асиметрії C_s ,

$$S = \frac{q_5 + q_{95} - 2q_{50}}{q_5 - q_{95}}. \quad (4.24)$$

За отриманими значеннями коефіцієнтів скісності S та розробленими таблицями визначаються коефіцієнти асиметрії C_s , середні квадратичні відхилення σ_q і середні значення (норми) річного стоку $\bar{q}$

$$\sigma_q = \frac{q_5 - q_{95}}{\Phi_5 - \Phi_{95}}; \quad (4.25)$$

$$\bar{q} = q_{50} - \sigma_q \cdot \Phi_{50}, \quad (4.26)$$

де $q_{5\%}$, $q_{50\%}$ і $q_{95\%}$ – модулі річного стоку забезпеченістю 5, 50 і 95%, отримані за емпіричною кривою; Φ_5 , Φ_{50} і Φ_{95} – нормовані відносні відхилення ординат біноміальної кривої забезпеченості, що визначаються за спеціальними таблицями.

Після встановлення σ_q і норми стоку $\bar{q}$ може бути визначений коефіцієнт варіації за формулою (4.14), як відношення середнього квадратичного відхилення до середнього значення річного стоку.

Як уже вказувалося, точність визначення викладених методом моментів параметрів кривої забезпеченості залежить від обґрунтованості проведення емпіричної кривої.

При невеликій тривалості рядів похибка отриманих зазначеним методом параметрів може бути суттєвою, особливо при великій мінливості річного стоку в розглядуваному районі. Тому при коротких рядах спостережень здійснюється приведення параметрів до багаторічного періоду

по річках-аналогах. Приведення здійснюється за графіком зв'язку рівнозабезпечених величин річного стоку даної річки і річки-аналога. При цьому немає необхідності в побудові за допомогою графіка зв'язку кривої забезпеченості, тому що досить лише визначити три ординати: $Q_{5\%}$, $Q_{50\%}$ і $Q_{95\%}$, необхідні для розрахунку. Таким чином, точність розрахунку параметрів кривих забезпеченості залежить від величини похибок у визначенні трьох ординат емпіричних кривих. Стійкість таких кривих залежить від числа точок, використаних для їх побудови.

4.4. Оцінка коефіцієнтів варіації та асиметрії річного стоку при відсутності рядів спостережень

За відсутності даних гідрометричних спостережень величини коефіцієнтів варіації можна визначати інтерполяцією між значеннями, отриманими для річок-аналогів по даних найбільш тривалих рядів гідрометричних спостережень або приведеними до багатолітнього періоду в досліджуємому районі, з урахуванням впливу місцевих факторів (наявності карсту, виходів підземних вод, особливостей геологічної будови басейнів, характеру ґрунтів, промерзання і пересихання річок, відмінності середніх висот водозборів та інш.).

Значення коефіцієнтів варіації допускається визначати по сучасних картах цих параметрів.

При цьому допускається визначати стік річок з площами водозборів до $50\,000\text{ км}^2$, а при відсутності різких змін в рельєфі і кліматичних умов – і для більших розмірів площ [21].

Всі зазначені формули в явній або неявній формах враховують залежність коефіцієнтів варіації від мінливості по території кліматичних факторів стоку і від регулюючої ролі річкових басейнів.

Перша така формула запропонована в 1930 р. Д.Л. Соколовським [110]

$$Cv = a - 0,063 \lg(F + 1), \quad (4.27)$$

де a – параметр, що виражає залежність Cv від кліматичних умов. Так як параметр a представляє собою $Cv_{\max}$ при $F \rightarrow 0$, то він може розглядатися як географічно обумовлена характеристика мінливості річного стоку, що змінюється в залежності від координат місцевості і тому підлягає картуванню.

Карта ізоліній цього параметру була вперше розроблена Д.Л. Соколовським у 1930 р., а потім уточнена у 1934 р. [109]. Відповідно цієї карти, значення параметра $a = Cv_{\max}$ і змінюються від 0,45-0,50 на півночі Європейської території колишнього СРСР до 0,75-0,90 – на півдні та південному сході.

Надалі ця карта була уточнена К.П. Воскресенським [21] й іншими дослідниками.

Всі формули можна розбити на дві групи [111]:

1) напівлогарифмічного або степеневого вигляду

$$Cv = a - f(\lg F) \quad \text{або} \quad Cv = \frac{a_1}{f_1(F)}; \quad (4.28)$$

2) формули, що засновані на рівнянні водного балансу і які враховують вплив площі у неявному вигляді.

Перша група формул є найбільш багаточисельною.

До неї відносяться, окрім формули Д.Л. Соколовського 1930 р. [110], також формули С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля 1932 р. [60, 62], Е.М. Шевельова 1934 і 1946 рр. [127], Н.Д. Антонова 1934 і 1941 рр. [7], К.П. Воскресенського 1962 р. [21].

Найбільш ретельне дослідження факторів, що впливають на мінливість річного стоку, було здійснене Н.Д. Антоновим [7] і Е.М. Шевельовим [127].

В останньому, найбільш повному дослідженні (Е.М. Шевельов, 1946) за даними 164 пунктів, розташованих як у межах колишнього СРСР, так і за кордоном. Всі басейни поділяються на наступні чотири групи:

- 1) басейни з середнім модулем стоку $\bar{q} = 1,5 \div 15 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$;
- 2) басейни посушливих районів ($\bar{q} < 1,5 \div 15 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$);
- 3) басейни зволжених районів ($\bar{q} > 1,5 \div 15 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$);
- 4) басейни малих річок всіх районів з площею водозборів $F < 1000 \text{ км}^2$.

Прийнявши структуру формули у вигляді (4.28) і, розшифрувавши кліматичний параметр a у вигляді

$$a = a_1 - 0,29 \lg \bar{q}, \quad (4.29)$$

Е.М. Шевельов рекомендує для всіх груп басейнів узагальнену формулу

$$C_v = a_1 - 0,29 \lg \bar{q} - 0,063 \lg F \quad (4.30)$$

Для річок з високою водністю ($\bar{q} > 15 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$) він рекомендує дещо збільшити значення параметра a_1 (до 0,84), а для річок малих водозборів ($F < 1000 \text{ км}^2$) для всіх груп водності зменшити параметр a_1 до 0,73 і коефіцієнт при $\lg F$ – до 0,03. Однак останні дві рекомендації через недостатність даних при великій різноманітності фізико-географічних умов досліджуваних басейнів потребують уточнень.

Згодом Е.М. Шевельов [127] обґрунтував значення кліматичного параметра α у формулі Д.Л. Соколовського, тобто

$$\alpha = 0,78 - 0,29 \lg \bar{q}, \quad (4.31)$$

де $\bar{q}$ – норма стоку в $\text{дм}^3/(\text{скм}^2)$. Звідси була узагальнена формула, відома як формула Соколовського-Шевельова,

$$Cv = 0,78 - 0,29 \lg \bar{q} - 0,063 \lg (F + 1). \quad (4.32)$$

Для озерних районів, за пропозицією Е.М. Шевельова, в формулу (4.32) вводиться додатковий член, що враховує вплив на коефіцієнт варіації озерного регулювання. При цьому формула набуває наступного вигляду:

$$Cv = 0,78 - 0,29 \lg \bar{q} - 0,063 \lg (F + 1) - 0,08 \lg (f_{oz} + 1), \quad (4.33)$$

де f_{oz} – площа озер на водозборі у відсотках від усієї площі басейнів.

С.Н. Крицький і М.Ф. Менкель в 1934 р. запропонували для тієї ж території наступну структуру формули коефіцієнта варіації [62]:

$$Cv = \frac{0,83}{F^{0,06} \bar{q}^{0,27}}. \quad (4.34)$$

В ній одночасно враховується вплив на коефіцієнт варіації величини норми стоку $\bar{q}$ і площі басейнів F .

Таким чином, зміна коефіцієнтів варіації по території залежить від тих же факторів, які визначають величину середнього річного стоку, і тому підкоряються тим же географічним закономірностям.

Постійні коефіцієнти, що входять до формул (4.33) і (4.34), тобто рівні 0,78 у формулі Соколовського-Шевельова та 0,83 – у формулі С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля, є усередненими значеннями цих параметрів.

Аналіз формул Д.Л. Соколовського та С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля показав, що мінливість річного стоку в основному залежить

від кліматичних факторів, так як редукція коефіцієнта варіації за площею невелика (за Д.Л. Соколовським, показник степені редукції дорівнює 0,063, за С.Н. Крицьким і М.Ф. Менкелем – він становить 0,06). На підставі викладеного вище, Л.К. Давидов [41] і Н.П. Чеботарьов [126] відмовилися від врахування площі водозбору в явному вигляді.

У тих випадках, коли регулююча роль річкових басейнів слабо виражена, замість картування кліматичних параметрів формул можна скласти безпосередньо карту ізоліній коефіцієнта варіації. Це відноситься, зокрема, до водотоків у всіх областях і до всіх річок посушливої зони, де підземні води не беруть участі у формуванні річного стоку і регулюючий вплив басейну відсутній або недостатньо явно виражений.

Значення коефіцієнта варіації стоку водотоків, неповністю дренуючих підземні води, може бути визначене за формулою [21]

$$Cv = Cv_a \frac{\bar{q}_a}{\bar{q}}, \quad (4.35)$$

де Cv и Cv_a – коефіцієнти варіації річки, неповністю дренуючої підземні води, і річок-аналогів, що перехоплюють всі води в межах басейну, $\bar{q}_a$ і $\bar{q}$ — відповідні величини норми стоку.

Карти ізоліній коефіцієнтів варіації можуть бути складені також для гірських районів, де регулюючий вплив басейнів невеликий внаслідок невеликих коливань кліматичних факторів стоку, а значення Cv , так само як і норми стоку, залежать від середньої висоти водозборів. Карти коефіцієнтів варіації побудовані для багатьох районів, в яких діапазон площ водозборів річок, охоплених спостереженнями, порівняно невеликий і тому регулюючий вплив річкових басейнів мало проявляється.

В результаті дослідної перевірки залежності коефіцієнтів варіації річного стоку від норми стоку $\bar{q}$ і площі водозбору F для всіх річок

колишнього союзу була отримана наближена узагальнена формула вигляду [21]

$$Cv = \frac{K}{\bar{q}(F + 1000)^{0,1}}. \quad (4.36)$$

Н.Д. Антонов, аналізуючи залежність $Cv\sqrt{\bar{q}} = f(F)$, що має перелом на значенні F біля 1000 км^2 , дійшов висновку про слабку мінливість річного стоку на малих водозборів ($F < 1000 \text{ км}^2$). У результаті він прийняв наступну формулу коефіцієнта мінливості річного стоку:

$$Cv = \frac{a}{(F + 1000)^{0,076}}. \quad (4.37)$$

У кінцевому вигляді добавка до площі була для обережності зменшена до 10 км^2 , і з врахуванням озерності на мінливість річного стоку рекомендована у вигляді [7]

$$Cv = \frac{a}{(F + 10)^{0,076} (f_{oz} + 1)^{0,10}}, \quad (4.38)$$

де a – географічний параметр, який визначається за картою ізоліній;
 f_{oz} – озерність басейнів в процентах.

Близьку до (4.38) формулу коефіцієнта варіації отримав К.П. Воскресенський [21] у 1962 р.

$$Cv = \frac{a}{\bar{q}^{0,4} (F + 1000)^{0,1}}. \quad (4.39)$$

Формула (4.39) є результатом узагальнення даних про мінливість річного стоку всіх річок колишнього СРСР з періодом спостережень більш 10 років.

Прийнята у формулі (4.39) величина критичної площі $F=1000 \text{ км}^2$, яка відповідає нижній межі впливу площі на мінливість річного стоку, основана, як перший варіант формули Н.Д. Антонова (4.37), переважно на даних по малих річках лісової зони, що витікають з боліт і джерел, маючи більш-менш значне ґрунтове живлення, відрізняються порівняно невеликою мінливістю стоку. Тому для інших географічних зон ця величина підлягає уточненню.

З метою підвищення точності розрахунку коефіцієнтів варіації невивчених річок за формулами вигляду (4.36) значення параметра K можна визначати методом гідрологічної аналогії, виходячи з виразу [21]

$$K = C v \bar{q}^n F^m. \quad (4.40)$$

До другої групи формул, що враховують вплив площі у неявному вигляді, відносяться формули Н.П. Чеботарьова [125] і Л.К. Давидова [41].

Н.П. Чеботарьов, виходячи з рівняння водного балансу

$$Y = X - Z \pm \Delta U, \quad (4.41)$$

отримав залежність коефіцієнтів мінливості річного стоку від мінливості річних сум опадів у вигляді

$$C v_Y = \frac{C v_X}{\alpha^m}, \quad (4.42)$$

де $C v_Y$ – коефіцієнт варіації річного стоку; $C v_X$ – коефіцієнт варіації річних сум опадів; α – середньорічний коефіцієнт стоку. Середнє значення показника степені $m=0,5$.

Щодо коефіцієнтів асиметрії C_s , то враховуючи високі середньоквадратичні похибки при визначенні C_s по наявних тривалостях спостережень, слід дотримуватись рекомендацій СНіП 2.01.14-83 [97].

Розрахункові значення відношення коефіцієнтів асиметрії C_s до коефіцієнтів варіації C_v , а також коефіцієнтів кореляції r , то відповідно до [91] їх доцільно приймати як середні від значень, встановлених по даних групи річок з найбільш тривалими рядами спостережень за гідрологічною характеристикою в гідрологічно-однорідних регіонах.

В [91] також допускається коефіцієнт асиметрії C_s визначати на основі кривих розподілу ймовірностей вибірових коефіцієнтів асиметрії, обчислених за допомогою даних, отриманих методом статистичних випробувань.

4.5. Регіональні методики для визначення коефіцієнтів варіації річного стоку у Закарпатті

У гірських районах інтегральним показником кліматичних умов є висотне положення водозборів. Так як при збільшенні висоти місцевості зростають, як правило, опади і запаси снігу в горах і покращується ґрунтове живлення річок, то можна очікувати, що зі збільшенням висоти басейнів буде зменшується варіація стоку [114]. Тому в цих умовах формули коефіцієнта варіації мають вигляд [100, 101]:

$$C_v = \frac{a}{H^m F^n} \quad \text{або} \quad C_v = \frac{a_1}{H^m}, \quad (4.43)$$

де H – середня висота водозборів.

Величина коефіцієнта асиметрії для невивчених річок може бути призначеною, виходячи з нормативних міркувань, як це було показано вище, або ж по річці-аналогу.

Замість середньої висоти може враховуватися величина норми річного стоку, яка є універсальним показником кліматичних умов як у рівнинних, так і в гірських умовах. Тому основним аргументом деяких формул приймається як і у формулі Е.М. Шевельова, норма річного стоку (у вигляді модуля або шару стоку). До таких формул відноситься рекомендація Ю.В. Александрівського для передгірських районів Уралу, а також розроблена в ДГІ формула коефіцієнта варіації для напівпустельних районів Центрального Казахстану [21]

$$C_v = \frac{3,1 - 0,26 \lg(F + 10)}{(y + 1)^{0,25}}, \quad (4.44)$$

де y – середній річний (або весняний) стік у міліметрах.

Тривалі часові ряди спостережень за гідрологічним режимом річок Закарпаття доволі обмежені, а перші дослідження коефіцієнтів варіації відносяться до періоду 1969 року, коли були опубліковані «Ресурсы поверхностных вод, т.6, вып.1 Западная Украина и Молдавия, 1969 (РПВ)». В них норми стоку і коефіцієнти варіації по рядах до 1965 року узагальнені у вигляді відповідних карт ізоліній, а також регіональних емпіричних залежностей від середньої висоти водозборів [26].

За РПВ [100, 101] на південно-західному схилі Карпат виділено три райони (V-VII), у межах яких розташовані всі праві притоки р. Тиси. У зв'язку з вільним доступом західних повітряних мас басейни річок Мокранки, Тересви, верхів'я Боржави і Латориці, розташовані у V районі, характеризуються найбільшими значеннями стоку. Модулі річного стоку на них досягають 30-40 дм³/(с·км²). Найменший річний стік, який спостерігався

в басейнах річок Чорної та Білої Тиси (район VII), становив 20-25 $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.
 Стік інших річок Закарпаття займає проміжне положення (район VI).

Коефіцієнти варіації C_v , які характеризують мінливість річного стоку, для вивчених у гідрологічному відношенні річок визначені за фактичними даними за формулою (4.14).

Для гірських річок Карпат значення коефіцієнтів варіації для окремих районів визначені в залежності від модуля стоку $\bar{q}$ та площі водозборів за наступними регіональними формулами [100, 101]:

район V

$$C_v = \frac{1,23}{\bar{q}^{0,41} F^{0,019}}; \quad (4.45)$$

район VI

$$C_v = \frac{1,23}{\bar{q}^{0,30} F^{0,030}}; \quad (4.46)$$

район VII

$$C_v = \frac{1,23}{\bar{q}^{0,24} F^{0,058}}. \quad (4.47)$$

Аналогічна методологія для узагальнення коефіцієнтів варіації річок Закарпаття була прийнята і в методиці СНіП 2.01.14-83 [91]. Так, для гірських районів можливо розраховувати C_v за формулою (4.39). Також у «Справочнику по водних ресурсах» [114] для гірських районів Карпат, де норма стоку змінюється із висотою, запропонована формула вигляду:

$$C_v = \frac{1,12}{\bar{q}^{0,32} F^{0,025}} \quad (4.48)$$

Подібна науково-методична база була застосована і по відношенню до просторового узагальнення норм річного стоку. На жаль, як і раніше, потрібно звернути увагу на неправомірність використання одночасно до одних і тих самих даних по-суті альтернативних методик просторового відображення географічних об'єктів (у вигляді карт і регіональних формул, в яких крім зональних аргументів враховуються – азональні, наприклад, висота водозборів H і розміри водозборів F).

Нами [130] до аналізу були залучені матеріали спостережень мережі Гідрометслужби за період 1948-2010 років включно. Водозбірні площі дорівнюють від $0,28 \text{ км}^2$ (стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я) до 7690 км^2 (р. Тиса – м. Хуст), тривалість часових рядів – від 26 років (стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я, стр. Йойківець – смт Міжгір'я) – до 62 років (більшість досліджуваних постів), діапазон висот – від 300 м (р. Стара – с. Зняцеве) до 1200 м (р. Біла Тиса – м. Луги).

Як відмічалось, найбільш розповсюдженими при статистичному аналізі часових рядах стокових характеристик є методи моментів і найбільшої правдоподібності. На початкових етапах дослідження по річках Закарпаття були застосовані обидва методи. Результати розрахунків наведені в табл. 4.1. Змінюються коефіцієнти варіації C_v , незалежно від методу розрахунку, від 0,49 (р. Ріка – м. Хуст, $F=1130 \text{ км}^2$) до 0,20 (р. Тиса – м. Рахів, $F=1070 \text{ км}^2$). Для такого діапазону коливань C_v застосування того чи іншого методу розрахунку не є актуальним.

Точність вихідної інформації при використанні методу найбільшої правдоподібності по коефіцієнтах варіації часових рядів (у %) дорівнює $|10,8|\%$. Результати розрахунків наведені у табл. 4.2.

Як зазначалось вище, при просторовому узагальненні коефіцієнтів варіації C_v застосовується картування або представлення їх в залежності від одного (площі водозборів) або двох (площі водозборів та модулів річного стоку) аргументів, або з урахуванням висотного положення і розмірів водозборів (в гірських районах).

Таблиця 4.1

Результати статистичної обробки часових рядів річного стоку річок
Закарпаття

№ п/п	Річка – пункт	n, ро- ків	F км ²	Метод моментів			Метод найбіль- шої правдопо- дібності	
				$\bar{Q}$, м ³ /с	Cv	Cs	Cv	Cs/ Cv
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	р. Боржава – с. Довге	62	408	11,18	0,29	0,52	0,29	1,8
2.	р. Боржава – с. Шаланки	37	1100	20,59	0,29	0,4	0,29	1,5
3.	р. Брустуранка – с. Лопухів	41	257	8,81	0,24	0,01	0,24	0,3
4.	р. Веча – с. Неліпіне	51	241	6,84	0,26	0,19	0,26	0,9
5.	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	26	0,28	2,49	0,24	0,06	0,24	0,6
6.	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	26	0,39	6,55	0,43	-0,13	0,43	0
7.	р. Косовська –с. Косовська Поляна	46	122	4,65	0,22	0,7	0,22	3,4
8.	р. Латориця – м. Мукачеве	62	1360	26,43	0,29	0,76	0,29	2,7
9.	р. Латориця – с. Підполоззя	62	324	9,83	0,27	0,19	0,27	0,8
10.	р. Латориця – м. Свалява	47	680	14,84	0,31	0,53	0,31	1,8
11.	р. Латориця – м. Чоп	52	2870	36,08	0,29	0,55	0,29	2
12.	р. Лопушна – с. Лопушне	28	37,3	0,95	0,26	0,06	0,26	0,6
13.	р. Лужанка – с. Нересниця	37	149	4,40	0,27	0,49	0,27	0,5
14.	р. Люта – с. Чорноголова	33	169	4,20	0,28	0,38	0,28	1,5
15.	р. Мокранка – с. Руська Мокра	47	214	8,31	0,22	-0,29	0,22	-0,7
16.	р. Пилипець – с. Пилипець	43	44,2	1,49	0,23	0,45	0,23	2
17.	р. Репінка – с. Репіне	63	203	5,99	0,30	0,49	0,30	1,7
18.	р. Ріка – смт Міжгір'я	63	550	13,91	0,25	0,03	0,24	0,4
19.	р. Ріка – м. Хуст	48	1130	39,22	0,49	1,07	0,49	2,4

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20.	р. Стара – с. Зняцеве	57	224	2,27	0,37	0,62	0,37	1,8
21.	р. Теремля – с. Колочава	47	369	14,68	0,25	0,00	0,24	0,3
22.	р. Тересва – смт Дубове	42	757	25,03	0,23	-0,28	0,23	-0,6
23.	р. Тересва – с. Нересниця	38	1100	34,42	0,25	0,61	0,25	2,6
24.	р. Тересва – смт Усть-Чорна	60	572	18,70	0,25	0,47	0,24	2
25.	р. Тиса – смт Вилік	55	9140	214,7	0,29	1,05	0,29	4
26.	р. Біла Тиса – м. Луги	54	189	5,22	0,24	1,06	0,24	4,7
27.	р. Тиса – м. Рахів	62	1070	25,74	0,20	0,19	0,20	1,1
28.	р. Тиса – м. Тячів	36	6470	137,7	0,28	0,75	0,28	2,9
29.	р. Тиса – м. Хуст	45	7690	166,0	0,25	0,64	0,25	2,7
30.	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	46	194	4,93	0,24	0,33	0,24	1,5
31.	р. Тур'я – с. Симер	51	464	8,97	0,31	0,42	0,31	1,4
32.	р. Уж – с. Жорнава	57	286	6,72	0,25	0,25	0,25	1,1
33.	р. Уж – с. Зарічеве	62	1280	20,40	0,25	0,30	0,25	1,3
34.	р. Уж – м. Ужгород	62	1970	29,33	0,27	0,34	0,27	1,4
Середнє								1,5

Для річок Закарпаття були побудовані залежності C_v від потенційно можливих факторів, які впливають на мінливість річного стоку в гірських умовах, а саме: $C_v = f(\lg F + 1)$; $C_v = f(\bar{q})$; $C_v = f(H_{\text{сер}} - 1000)$, відповідно до рис. 4.1-4.3, де $H_{\text{сер}}$ – середня висота водозборів (м); F – площа водозборів км²; $\bar{q}$ – норма річного стоку (дм³/с·км²).

Коефіцієнти кореляції r відповідно дорівнюють: 0,08; 0,25; 0,59. По переважному коефіцієнту кореляції залежність $C_v = f(H_{\text{сер}} - 1000)$ наведена на рис. 4.3.

Таблиця 4.2

Коефіцієнти варіації річного стоку на території Закарпаття, визначені
за рядами спостережень

№ з/п	Річка-пост	F , км ²	n , років	C_v	σ_{C_v}	ε_{C_v} , %
1	2	3	4	5	7	8
1	р. Боржава – с. Довге	408	62	0,29	0,03	9,35
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	37	0,29	0,04	12,10
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	41	0,24	0,03	11,36
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	51	0,26	0,03	10,23
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	0,28	26	0,24	0,03	14,26
6	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	0,39	26	0,43	0,06	15,10
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	46	0,22	0,02	10,68
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	62	0,29	0,03	9,35
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	62	0,27	0,03	9,30
10	р. Латориця – м. Свалява	680	47	0,31	0,03	10,80
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	52	0,29	0,03	10,21
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	28	0,26	0,04	13,81
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	33	0,27	0,03	12,75
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	33	0,28	0,04	12,78
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	47	0,22	0,02	10,56
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	53	0,23	0,02	9,97
17	р. Репінка – с. Репіне	203	63	0,30	0,03	9,30
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	550	63	0,24	0,02	9,16
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	48	0,49	0,06	11,37
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	57	0,37	0,04	9,99
21	р. Тересва – с. Колочава	369	47	0,24	0,03	10,61
22	р. Тересва – смт Дубове	757	42	0,23	0,03	11,20
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	38	0,25	0,03	11,82

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	60	0,24	0,02	9,39
25	р. Тиса – смт Вилок	9140	55	0,29	0,03	9,93
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	54	0,24	0,02	9,90
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	62	0,20	0,02	9,16
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	36	0,28	0,03	12,24
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	45	0,25	0,03	10,87
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	194	46	0,24	0,03	10,72
31	р. Тур'я – с. Симер	464	51	0,31	0,03	10,37
32	р. Уж – с. Жорнава	286	57	0,25	0,02	9,65
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	62	0,25	0,02	9,26
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	62	0,27	0,03	9,30
Середнє значення		-	-	0,27	0,03	10,8

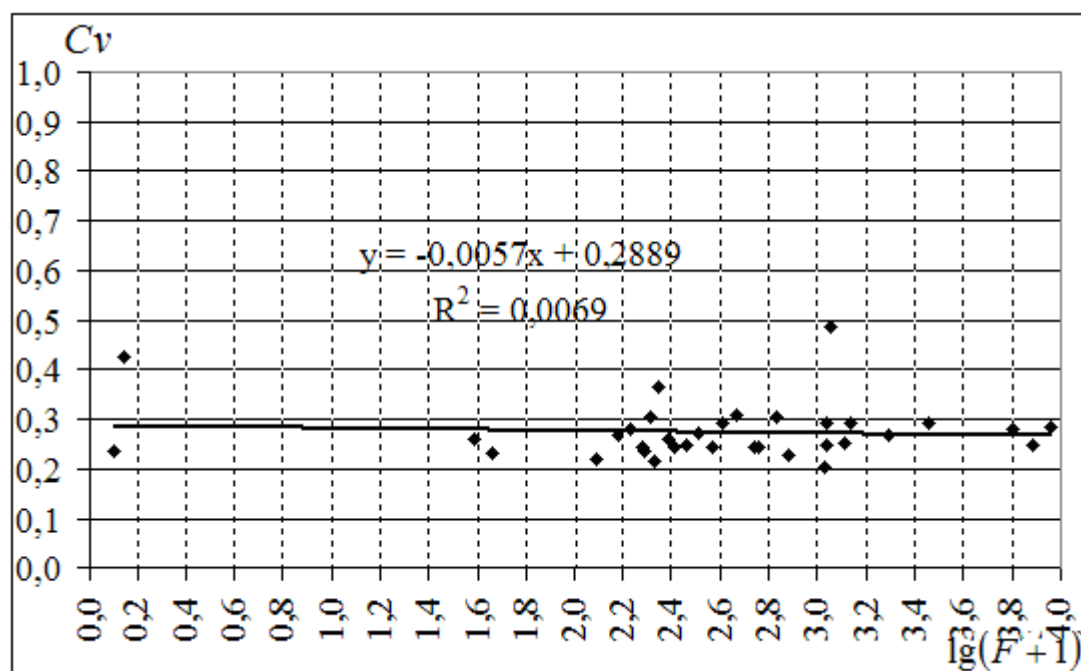


Рис. 4.1 Залежність коефіцієнтів варіації річного стоку у Закарпатті від площі водозборів [130]

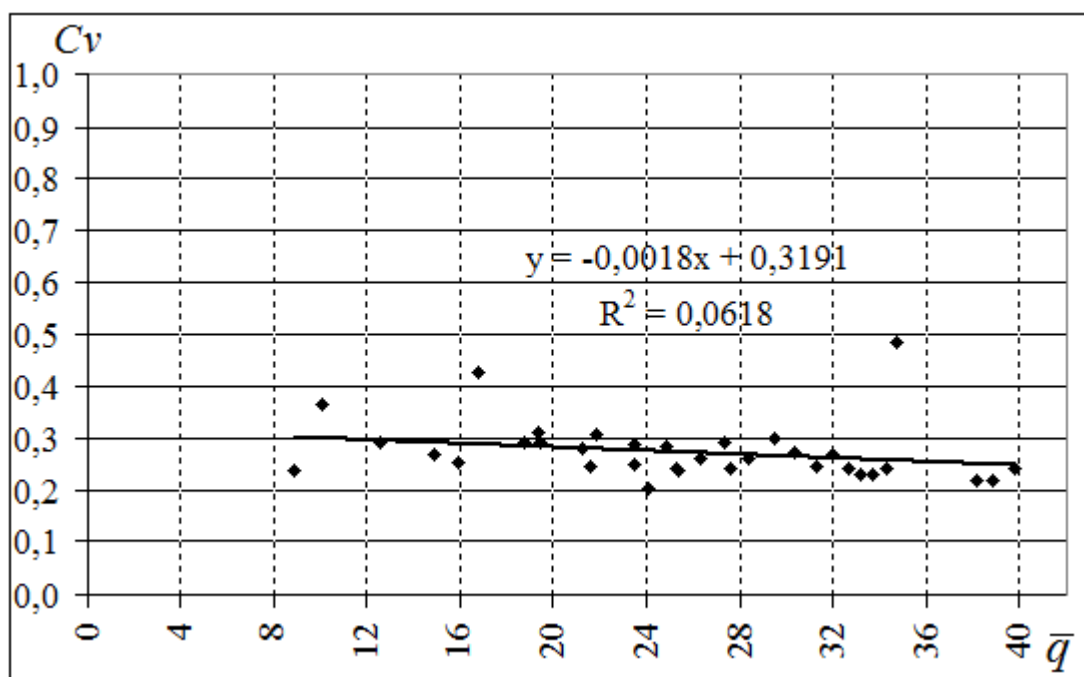


Рис. 4.2 Залежність коефіцієнтів варіації річного стоку у Закарпатті від модуля річного стоку [130]

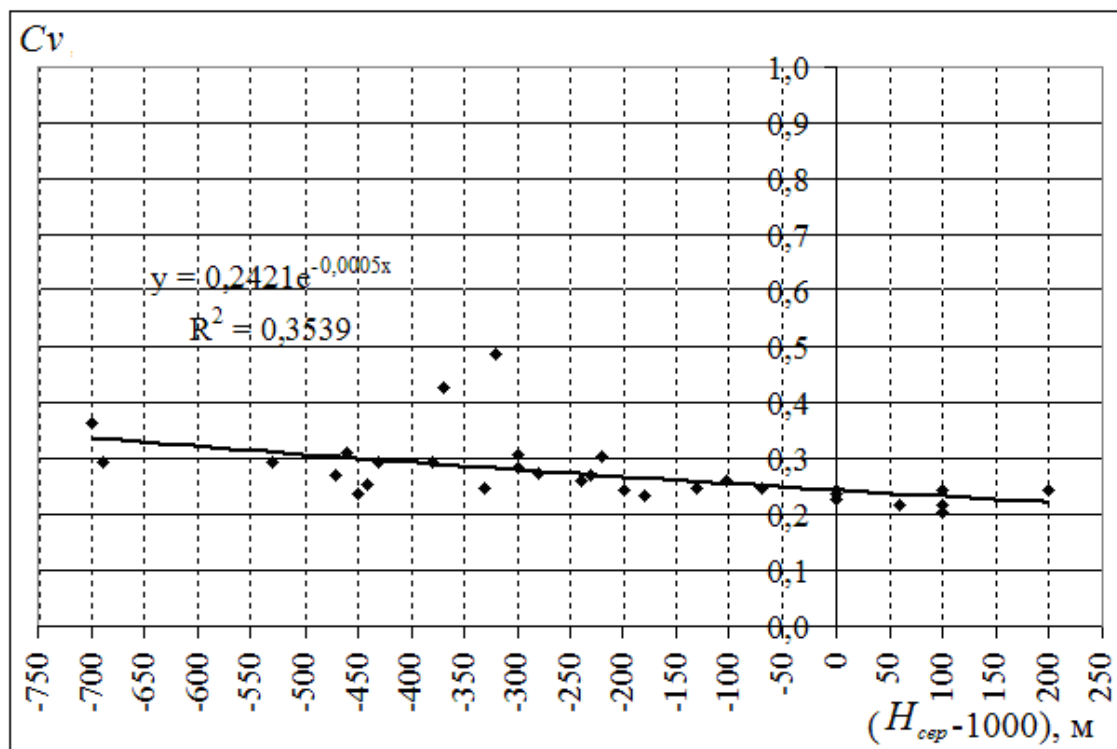


Рис. 4.3 Залежність коефіцієнтів варіації у Закарпатті від середньої висоти водозборів [130]

Описується вона рівнянням експоненціального вигляду:

$$Cv = 0,24 \exp[-0,5 \times 10^{-3} (H_{сер} - 1000)]. \quad (4.49)$$

У подальшому для встановлення залежності коефіцієнтів варіації від розмірів водозборів F та норми річного стоку $\bar{q}$ достатньо, використовуючи рівняння (4.49), всі вихідні дані по Cv привести до будь-якої умовної висоти водозборів, наприклад $H = 1000 \text{ м}$. Тоді (4.49) набуває вигляду:

$$Cv = (Cv)_{H=1000} \exp[-0,5 \cdot 10^{-3} (H_{сер} - 1000)]. \quad (4.50)$$

Тепер можна продовжити дослідження факторної обумовленості $(Cv)_{H=1000}$ іншими чинниками (F та $\bar{q}$).

Однак, з практичної точки зору, перед деталізацією розрахункової схеми потрібно на кожному етапі оцінювати точність отриманих рівнянь та співставляти результати з точністю вихідної інформації (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Перевірочні розрахунки коефіцієнтів варіації річного стоку на території Закарпаття за формулою (4.49).

№ з/п	Річка-пост	$H_{сер}, \text{м}$	Cv	$Cv_{розн}$	$\delta_{Cv}, \%$
1	2	3	4	5	6
1	р. Боржава – с. Довге	620	0,29	0,29	0,00
2	р. Боржава – с. Шаланки	470	0,29	0,31	-6,90
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	1100	0,24	0,23	4,17
4	р. Веча – с. Неліпіне	760	0,26	0,27	-3,85
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	550	0,24	0,30	-25,00
6	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	630	0,43	0,29	32,56

Продовження табл.4.3

1	2	3	4	5	6
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	1060	0,22	0,23	-4,55
8	р. Латориця – м. Мукачеве	570	0,29	0,30	-3,45
9	р. Латориця – с. Підполоззя	720	0,27	0,28	-3,70
10	р. Латориця – м. Свалява	700	0,31	0,28	9,68
11	р. Латориця – м. Чоп	310	0,29	0,34	-17,24
12	р. Лопушна – с. Лопушне	897	0,26	0,25	3,85
13	р. Лужанка – с. Нересниця	770	0,27	0,27	0,00
14	р. Люта – с. Чорноголова	700	0,28	0,28	0,00
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	1100	0,22	0,23	-4,55
16	р. Пилипець – с. Пилипець	820	0,23	0,26	-13,04
17	р. Репінка – с. Репіне	780	0,30	0,27	10,00
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	800	0,24	0,27	-12,50
19	р. Ріка – м. Хуст	680	0,49	0,28	42,86
20	р. Стара – с. Зняцеве	300	0,37	0,34	8,11
21	р. Тересва – с. Колочава	1000	0,24	0,24	0,00
22	р. Тересва – смт Дубове	1000	0,23	0,24	-4,35
23	р. Тересва – с. Нересниця	930	0,25	0,25	0,00
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	1100	0,24	0,23	4,17
25	р. Тиса – смт Вилок	-	0,29	-	-
26	р. Біла Тиса – м. Луги	1200	0,24	0,22	8,33
27	р. Тиса – м. Рахів	1100	0,20	0,23	-15,00
28	р. Тиса – м. Тячів	-	0,28	-	-
29	р. Тиса – м. Хуст	870	0,25	0,26	-4,00
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	1000	0,24	0,24	0,00
31	р. Тур'я – с. Симер	540	0,31	0,30	3,23
32	р. Уж – с. Жорнава	670	0,25	0,28	-12,00
33	р. Уж – с. Зарічеве	560	0,25	0,30	-20,00
34	р. Уж – м. Ужгород	530	0,27	0,30	-11,11
Середнє значення		-	-	-	9,00

Виходячи з цих міркувань, насамперед була встановлена точність рівняння (4.49) на матеріалах 34 об'єктів. Середнє відхилення розрахункових коефіцієнтів варіації $(Cv)_{розра.}$ змінюється від 0% р. Боржава с. Довне, р. Лужанка – с. Нересниця, р. Люта – с. Чорноголова, р. Теремля – с. Колочава, р. Тересва – с. Нересниця до 42,86% р. Ріка – м. Хуст, а в середньому становить 9,00% (табл. 4.3), що практично співпадає з відносною випадковою похибкою розрахунку Cv по наявних часових рядах ($\varepsilon_{Cv}=10,8\%$) [26].

Таким чином, для річок Закарпаття при розрахунках Cv річного стоку можна обмежитися залежністю (4.49).

4.6. Обґрунтування способу узагальнення коефіцієнтів асиметрії та відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації на території Закарпаття

4.6.1. Визначення коефіцієнтів асиметрії та відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації за даними спостережень. При дослідженні коефіцієнтів асиметрії Cs та відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації Cs/Cv по річках Закарпаття були застосовані методи моментів та найбільшої правдоподібності. Результати розрахунків наведені у табл. 4.1.

При використанні методу найбільшої правдоподібності коефіцієнти асиметрії Cs змінюються від (-0,15) (р. Мокранка – с. Руська Мокра, $F=214 \text{ км}^2$) до 1,16 (р. Ріка – м. Хуст, $F=1130 \text{ км}^2$), а відношення Cs/Cv – від (-0,7) (р. Мокранка – с. Руська Мокра, $F=214 \text{ км}^2$) до 4,7 (р. Біла Тиса – м. Луги, $F=189 \text{ км}^2$), (табл. 4.4). Точність вихідної інформації по коефіцієнтах асиметрії дорівнює 225%, по відношенню коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації – 110%. Результати розрахунків наведені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Коефіцієнти асиметрії та відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації річного стоку на території
Закарпаття, визначені за рядами спостережень

№ з/п	Річка-пост	$F, \text{ км}^2$	$n, \text{ років}$	C_v	C_s	C_s/C_v	σ_{C_s}	$\varepsilon_{C_s}, \%$	σ_{C_s/C_v}	$\varepsilon_{C_s/C_v}, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	р. Боржава – с. Довге	408	62	0,29	0,54	1,80	0,39	71,8	1,06	59,0
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	37	0,29	0,44	1,50	0,50	114	1,38	92,2
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	41	0,24	0,08	0,30	0,45	560	1,57	525
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	51	0,26	0,23	0,90	0,41	178	1,32	147
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	0,28	26	0,24	0,15	0,60	0,56	372	2,03	338
6	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	0,39	26	0,43	0,02	0,00	0,72	3611	1,13	-
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	46	0,22	0,74	3,40	0,41	55,5	1,66	49,0
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	62	0,29	0,77	2,70	0,39	50,3	1,06	39,3
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	62	0,27	0,23	0,80	0,38	164	1,14	143
10	р. Латориця – м. Свалява	680	47	0,31	0,56	1,80	0,45	80,8	1,17	64,8
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	52	0,29	0,57	2,00	0,42	74,2	1,16	58,0
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	28	0,26	0,15	0,60	0,55	369	1,78	297

Продовження табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	33	0,27	0,54	0,50	0,52	95,5	1,58	316
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	33	0,28	0,42	1,50	0,52	125	1,51	100
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	47	0,22	-0,15	-0,70	0,41	-271	1,65	-236
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	53	0,23	0,47	2,00	0,39	82,8	1,45	72,5
17	р. Репінка – с. Репіне	203	63	0,30	0,51	1,70	0,39	76,3	1,02	60,1
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	550	63	0,24	0,09	0,40	0,36	402	1,26	316
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	48	0,49	1,16	2,40	0,58	50,1	0,73	30,3
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	57	0,37	0,64	1,80	0,45	69,7	0,89	49,4
21	р. Тересва – с. Колочава	369	47	0,24	0,07	0,30	0,42	599	1,46	488
22	р. Тересва – смт Дубове	757	42	0,23	-0,13	-0,60	0,43	-335	1,67	-278
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	38	0,25	0,65	2,60	0,47	71,9	1,61	61,9
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	60	0,24	0,49	2,00	0,37	75,7	1,30	64,8
25	р. Тиса – смт Вилок	9140	55	0,29	1,14	4,00	0,41	35,8	1,15	28,9
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	54	0,24	1,14	4,70	0,39	34,2	1,38	29,3
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	62	0,20	0,23	1,10	0,35	151	1,54	140
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	36	0,28	0,82	2,90	0,50	61,1	1,45	50,1
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	45	0,25	0,68	2,70	0,43	63,19	1,48	54,8

Продовження табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	194	46	0,24	0,36	1,50	0,42	116	1,53	102
31	р. Тур'я – с. Симер	464	51	0,31	0,45	1,40	0,44	97,1	1,11	79,0
32	р. Уж – с. Жорнава	286	57	0,25	0,28	1,10	0,38	137	1,31	119
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	62	0,25	0,32	1,30	0,37	115	1,23	95,0
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	62	0,27	0,37	1,40	0,38	102	1,16	82,6
Середнє значення		-	-	-	-	-	0,44	225	1,35	110

Враховуючи високі відносні випадкові похибки при визначенні C_s та C_s/C_v по наявних тривалостях спостережень, було виконане їхнє просторове узагальнення [65]. Обґрунтування способу узагальнення гідрометеорологічної інформації може бути виконано на основі «методу сумісного аналізу даних», запропонованого С.М. Крицьким та М.Ф. Менкелем [60].

4.6.2. Метод сумісного аналізу. Суть методу зводиться до визначення географічної й випадкової складових загальної просторової дисперсії розглядуваного статистичного параметру A :

$$\sigma_{\Pi}^2 = \sigma_{\Gamma}^2 + \sigma_B^2, \quad (4.51)$$

де σ_{Π}^2 – повна просторова дисперсія розглядуваного параметру A ;

σ_{Γ}^2 – географічна складова просторової дисперсії розглядуваного параметру A ;

σ_B^2 – випадкова складова просторової дисперсії розглядуваного параметру A .

При цьому, повна просторова дисперсія параметру A оцінюється за формулою:

$$\sigma_{\Pi}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (A_i - A_{\text{сер}})^2}{k - 1}, \quad (4.52)$$

де k – число об'єктів (водозборів);

i – порядковий номер розглядуваного об'єкту;

A_i – індивідуальна оцінка параметра (оцінка, виконана по ряду спостережень на окремому i -тому водозборі);

$A_{\text{сер}}$ – осереднена в межах виділеної групи оцінка параметра A .

Випадкова складова просторової дисперсії параметра визначається як осереднена за групою виділених об'єктів дисперсія індивідуальної оцінки параметру

$$\sigma_B^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{Ai}^2}{k}, \quad (4.53)$$

де σ_{Ai} – середнє квадратичне відхилення індивідуальної оцінки параметру A_i .

Географічна складова знаходиться за допомогою зворотного розрахунку з (4.51)

$$\sigma_\Gamma^2 = \sigma_\Pi^2 - \sigma_B^2. \quad (4.54)$$

Якщо виконується умова

$$\frac{\sigma_B^2}{\sigma_\Pi^2} > \frac{\sigma_\Gamma^2}{\sigma_\Pi^2}, \quad (4.55)$$

то можна зробити висновок, що просторовий розподіл досліджуваного параметра в більшій мірі визначається випадковими властивостями поєднаних вибірок і в меншій – зміною фізико-географічних умов формування стоку на території. Таким чином, якщо виконуються умови (4.55), приймається рішення, що вибіркові оцінки параметрів можна осереднити в межах досліджуваної території. Якщо ж не виконується – обирається картування досліджуваної характеристики у вигляді карт ізоліній.

Чим менший внесок географічної складової у повну просторову дисперсію параметра, тим вища якість об'єднання. Географічна складова є оцінкою статистичної неоднорідності вихідного матеріалу. Якість об'єднання

є високою, коли внесок випадкової складової у просторову дисперсію більше, або дорівнює 70 %, тобто $\frac{\sigma_B^2}{\sigma_{II}^2} \cdot 100 \geq 70\%$. Коли похибки оцінки вибірових параметрів дуже великі, географічна складова дисперсії, обчислена за (4.54), може набувати від'ємних значень. У цьому випадку внесок випадкової складової у повну просторову дисперсію параметра можна прийняти рівним 100 %, а географічної – 0,00 % [65].

Осереднена оцінка параметру визнається статистично достовірною, коли виконується умова [65]

$$A_{сер} > 2\sigma_{сер}. \quad (4.56)$$

де $\sigma_{сер}$ – середнє квадратичне відхилення осередненої у просторі оцінки статистичного параметру, яке розраховується за співвідношенням

$$\sigma_{сер} = \sqrt{\frac{\sigma_B^2}{k} + \sigma_{\Gamma}^2}. \quad (4.57)$$

4.6.3. Результати застосування методу сумісного аналізу. Результати дисперсійного аналізу (табл. 4.5) достатньо добре показують роль географічної і випадкової складових загальної просторової дисперсії розглядаємих величини та їх розповсюдження по території Закарпаття.

Географічні складові дисперсії досліджуваних параметрів C_s та C_s/C_v мають від'ємне значення. У цьому випадку, внесок випадкової складової у повну просторову дисперсію досліджуваних параметрів приймається рівним 100%, а географічної – 0%.

Можна зробити висновок, що просторовий розподіл коефіцієнтів асиметрії C_s та співвідношення C_s/C_v визначається випадковими

властивостями досліджуваної території, а не зміною фізико-географічних умов формування стоку на Закарпатті.

Таблиця 4.5

Результати застосування методу сумісного аналізу
на території Закарпаття

Досліджуваний параметр	Середнє значення параметра	Дисперсія			$\sigma_{сер}$
		повна	випадкова складова	географічна складова	
C_s	0,44	0,003	0,01	-0,007	-0,082
C_s/C_v	1,54	1,44	1,9	-0,46	-1,636

Результати перевірки статистичної достовірності досліджуваних параметрів (табл. 4.5) показали, що умова (4.56) виконується і осереднені оцінки коефіцієнтів асиметрії C_s та співвідношення C_s/C_v на території Закарпаття у подальшому можна застосовувати згідно із рекомендаціями С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля [60].

Таким чином, коефіцієнт асиметрії C_s прийнятий на рівні 0,4, а співвідношення C_s/C_v – на рівні 1,5, як осереднені нормативні характеристики у межах усієї території Закарпаття.

Висновки за розділом

У даному розділі були розглянуті існуючі регіональні методики для визначення коефіцієнтів варіації на території Закарпаття.

Для статистичного аналізу часових рядів стокових характеристик були застосовані методи моментів і найбільшої правдоподібності. Точність вихідної інформації по коефіцієнтах варіації часових рядів дорівнює 10,8%.

Для річок Закарпаття були побудовані залежності C_v від потенційно можливих факторів, які впливають на мінливість річного стоку в гірських умовах. Як розрахункове, прийняте регресійне рівняння, яке описує залежність $C_v = f(H_{сер} - 1000)$. Середнє відносне відхилення розрахункових коефіцієнтів варіації $(C_v)_{розра}$ від фактичних даних становить $|9,00|\%$, що відповідає вимогам нормативного документу СНіП 2.01.14-83.

Що стосується коефіцієнтів асиметрії C_s та відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації C_s/C_v , то враховуючи високі відносні випадкові похибки при визначенні C_s та C_s/C_v по наявних тривалостях спостережень, було виконано обґрунтування способу їх просторового узагальнення на основі «методу сумісного аналізу даних». Результати перевірки статистичної достовірності досліджуваних параметрів показали, що осереднені оцінки коефіцієнтів асиметрії C_s та співвідношення C_s/C_v на території Закарпаття у подальшому можна застосовувати згідно із рекомендаціями С. М. Крицького та М. Ф. Менкеля.

Таким чином, коефіцієнт асиметрії C_s прийнятий на рівні 0,4, а співвідношення C_s/C_v – на рівні 1,5, як осереднені нормативні характеристики для усієї території Закарпаття.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішена наукова задача обґрунтування та використання методики розрахункових характеристик (норм, коефіцієнтів варіації та асиметрії часових рядів) річок Закарпаття. Основні науково-практичні результати полягають у наступному:

1. Аналіз існуючих методів визначення норм річного стоку показав, що середні багаторічні величини річного стоку у гірських територіях значною мірою залежать від середньої висоти водозборів. За даними, наведеними у СНіП 2.01.14.83, норми річного стоку в басейні р. Тиса змінюються в діапазоні від 5,1 до 40,8 л/(с·км²) при висоті водозборів від 200 до 1100 м.

2. Діючий нормативний документ СНіП 2.01.14-83 має суттєві недоліки. Зокрема, ним не передбачені випадки, коли йдеться про розрахунки з невеликих водозборів в умовах гірських Карпат.

3. Проведена перевірка на однорідність часових рядів середньорічних модулів стоку показала, що часові ряди по окремих водозборах виявили значиму неоднорідність. На наш погляд, природа такої неоднорідності пов'язана зі структурою часових рядів з тривалими фазами багатоводних і маловодних періодів коливання стоку річок.

4. Побудовані різницеві інтегральні криві по рядах річних модулів стоку показали, що в цілому для річок Закарпаття коливання річного стоку характеризуються синфазністю.

5. Дослідження наявності у часових змінах водності трендів показали відсутність однозначної чітко вираженої тенденції до змін у рядах річного стоку із часом: тренди або відсутні, або їх спрямованість не співпадає на різних річках.

6. Оскільки Закарпаття відноситься до гірських територій, у роботі обґрунтована залежність модулів стоку від середньої висоти річкових водозборів.

7. Впливу залісеності водозборів на норму стоку не виявлено.

8. Для визначення норм річного стоку на території Закарпаття за відсутності спостережень в дисертаційній роботі обґрунтоване рівняння з урахуванням коефіцієнтів впливу висотного положення водозборів на норму стоку та коефіцієнтів врахування зниження норм річного стоку на водозборах з площами $F \leq 20 \text{ км}^2$.

9. При розрахунку норм річного стоку у межах території Закарпаття за відсутності безпосередніх гідрологічних спостережень здійснено картування приведених до умовної висоти місцевості $H_{\text{сер}} = 1000 \text{ м}$ модулів стоку $\bar{q}_{H=1000}$.

10. Суттєвим недоліком отриманої карти розподілу $\bar{q}_{H=1000}$ є те, що побудована вона за даними спостережень гідрографічної мережі, у якій пункти спостережень розміщуються переважно у середній та верхній течії річок, а нижня частина водозборів залишається невисвітленою даними спостережень.

11. Щоб висвітлити усю територію басейну р. Тиси (у межах Закарпаття), до аналізу були залучені й річні опади. За вихідними даними метеорологічних станцій і постів була побудована карта середніх багаторічних опадів $\bar{X}$.

12. За допомогою карти середніх багаторічних опадів для відтворення у межах Закарпаття норм річного стоку були визначені величини опадів для 29 пунктів, для яких установлювалися приведені модулі $\bar{q}_{H=1000}$ річного стоку. Це дало змогу побудувати карту приведених модулів $\bar{q}_{H=1000}$ для лівобережної частини басейну р. Тиси, тобто обґрунтувати ту частину водозбору, по якій недостатньо було даних спостережень і за її допомогою уточнити методику визначення $\bar{q}$.

13. Методика розрахунку норм річного стоку на території Закарпаття полягає у такому:

1) Для досліджуваних об'єктів з карти приведених модулів стоку $\bar{q}_{H=1000}$ до умовної середньої висоти водозборів $H_{\text{сер}} = 1000 \text{ м}$ для окремих басейнів знімаються пошукові величини $\bar{q}_{H=1000}$;

2) За цими даними по залежності $\bar{q} = [0,026(H_{\text{сер}} - 1000) + \bar{q}_{H=1000}]k_F$ та обґрунтованій карті модулів $\bar{q}_{H=1000}$, розраховуються норми стоку $\bar{q}$.

14. Точність розрахунку норм річного стоку річок Закарпаття становить $|6,96|\%$, що відповідає точності вихідної інформації по річному стоку і вимогам діючого СНіП 2.01.14-83. Представлена методика розрахунку норм річного стоку рекомендується для практичного використання на території Закарпаття.

15. Для статистичного аналізу часових рядів характеристик стоку були застосовані методи моментів і найбільшої правдоподібності. Точність вихідної інформації по коефіцієнтах варіації часових рядів становить $10,8\%$.

16. Для річок Закарпаття були побудовані залежності C_v від потенційно можливих факторів, які впливають на мінливість річного стоку в гірських умовах. Як розрахункове, прийняте регресійне рівняння, яке описує залежність $C_v = f(H_{\text{сер}} - 1000)$. Середнє відносне відхилення розрахункових коефіцієнтів варіації $(C_v)_{\text{розрах.}}$ від фактичних даних становить $|9,00|\%$, що відповідає вимогам діючого нормативного документу СНіП 2.01.14-83.

17. Що стосується коефіцієнтів асиметрії C_s та відношення коефіцієнтів асиметрії до коефіцієнтів варіації C_s/C_v , то враховуючи високі відносні випадкові похибки при визначенні C_s та C_s/C_v по наявних тривалостях спостережень, було виконано обґрунтування способу їх просторового узагальнення на основі «методу сумісного аналізу даних», запропонованого С.М. Крицьким та М.Ф. Менкелем.

18. Результати дисперсійного аналізу складових просторової дисперсії показали, що географічні складові дисперсії досліджуваних параметрів C_s та C_s/C_v мають від'ємні значення, відповідно, внесок випадкової складової у повну просторову дисперсію досліджуваних параметрів приймається рівним 100% , а географічної – 0% . Звідки був зроблений висновок, що просторовий розподіл коефіцієнтів асиметрії C_s та співвідношення C_s/C_v визначається

випадковими властивостями досліджуваної території, а не зміною фізико-географічних умов формування стоку на Закарпатті.

19. Результати перевірки статистичної достовірності досліджуваних параметрів показали, що осереднені оцінки коефіцієнтів асиметрії C_s та співвідношення C_s/C_v на території Закарпаття у подальшому можна застосовувати згідно із рекомендаціями С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля.

20. Таким чином, коефіцієнт асиметрії C_s прийнятий на рівні 0,4, а співвідношення C_s/C_v – на рівні 1,5, як осереднені нормативні характеристики для усієї території Закарпаття.

21. Дослідження характеристик річного стоку в басейні р. Тиса свідчать про те, що обґрунтовані параметри (норма стоку, коефіцієнти варіації й асиметрії) повною мірою відповідають вимогам діючих в Україні нормативних документів.

22. Запропоновані методичні підходи рекомендуються для практичного використання їх при визначенні норм річного стоку, коефіцієнтів варіації й асиметрії та їх співвідношення за відсутності безпосередніх даних гідрологічних спостережень у межах території Закарпаття.

23. Одержані результати дисертаційної роботи у вигляді «Методики визначення розрахункових характеристик річок Закарпаття» впроваджені до використання у виробничій діяльності Закарпатського ЦГМ (Акт впровадження від 22.06.2017 р.).

Список літератури

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии / Л.: Гидрометеиздат, 1970. 413 с.
2. Алисов Б.П. Климат СССР / Издательство МГУ, 1956. 365 с.
3. Алпатьев А.М. Влагообороты в природе и их преобразования / Л.: Гидрометеиздат, 1969. 269 с.
4. Алтунин С.Т. Регулирование русел / Изд. 2-е. / М. Сельхозгиз, 1962. 350 с.
5. Андреянов В.Г. Внутригодовое распределение речного стока / Л., Гидрометеиздат, 1960. 327 с.
6. Андрущенко Г.О. Грунты західних областей УРСР / Львів: Дубляни, 1970. 184 с.
7. Антонов Н.Д. Изменчивость годового стока рек Европейской части СССР // Тр. НИУ ГУГМС, сер. IV, вып. 2. Гидрометеиздат. 1941. С.65-89.
8. Бефани А.Н. Основы теории ливневого стока // Тр. ОГМИ. 1949. Вып. 4. С.39-177.
9. Бефани А.Н. Пути генетического определения нормы стока // Научный ежегодник ОГУ. Одесса. 1975. 125 с.
10. Бондарчук В.Г. Геологія України / К.: Вид-во АН УРСР, 1959. 832 с.
11. Бухин М.Н., Онищук В.В. Экспериментальные исследования самоотмостки русел предгорных участков рек // Мелиорация и водное хозяйство. К.: Урожай. 1976. Вып. 38. С.44-50.
12. Будыко М.И. Испарение в естественных условиях / Л.: Гидрометеиздат, 1948. 136 с.
13. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности / Л.: Гидрометеиздат, 1956. 255 с.
14. Будыко М.И., Зубенюк Л.И. Определение испарения с поверхности суши // Изв. АН СССР, серия геогр. 1961. № 6. С.3-17.

15. Великанов М.А., Соколовский Д.Л. Основная климатическая характеристика среднего многолетнего коэффициента речного стока // Изв. ГГИ. 1928. № 21. С.123-132.
16. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання / К.: Віпол, 2000. 376 с.
17. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України / Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с.
18. Владимиров Л.А. Очерки горной гидрологии / Тбилиси «Мецениереба», 1988. 128 с.
19. Воропай Л.І., Куниця М.О. Українські Карпати / К.: Радянська школа, 1966. 167 с.
20. Воскресенский К.П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках / Л.: Гидрометеиздат, 1956. 467 с.
21. Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока рек СССР / Л.: Гидрометеиздат, 1962. 546 с.
22. Впровадити методику гідроморфологічної оцінки якості річок басейну Ужа для прийняття оптимальних водогосподарських управлінських рішень: Заключ. звіт про НДР № 0106U006718 / Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь, В.В. Онишук [та ін.]. К., 2006. 195 с.
23. Вялов О.С. Общее структурное подразделение западных областей УССР // Изв. АН СССР. М., сер. Геол. №5. 1953. С.67-79.
24. Гамор Ф.Д. Антропогенні фактори і стихійні явища у Карпатах // Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви). Рахів, 1999. С.70-75.
25. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации / Л.: Гидрометеиздат, 1988. 303 с.

26. Гопченко Е.Д., Катинская И.В. Изменчивость годового стока на территории Закарпатья // *European Applied Sciences* #11. Germany, 2014. P.65-68.
27. Гопченко Є.Д., Катинська І.В. Мінералізація води річок Закарпаття // Науково-практичний журнал «Причорноморський екологічний бюлетень». Одеса, 2012. № 1(43). С.86-91.
28. Гопченко Є.Д., Катинська І.В. Мінералізація води р. Тиса на ділянці м. Рахів – м. Чоп // *Вісник ОДЕКУ*. Одеса, 2012. Вип. 13. С.158-164.
29. Гопченко Е.Д., Катинская И.В. Норма годового стока рек Закарпатья // *Сборник трудов VI Международной научной конференции молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность»*. Москва, Россия., 2012. С.135-138.
30. Гопченко Є.Д., Катинська І.В. Норми річного стоку на території Закарпаття // *Вісник ОДЕКУ*. Одеса, 2013. Вип. 16. С.134-140.
31. Гопченко Є.Д., Катинська І.В. Удосконалення науково-методичної бази для нормування характеристик річного стоку у Закарпатті // *Періодичний науковий збірник «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія»*. Київ, 2014. Том 4(35). С.8-14.
32. Гопченко Є.Д., Катинська І.В., Бурлуцька М.Е. Розрахункові характеристики річного стоку на території Закарпаття // *Періодичний науковий збірник «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія»*. Київ, 2016. Том 1(40). С.8-14.
33. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях) / Київ: КНТ, 2005. 188 с.
34. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления // *Гидробиологический журнал; Институт гидробиологии НАН Украины*. Киев, 2000. т. 36, №3. С.67-78.

35. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплогового балансу // Наук. праці УкрНДГМІ. 2001. Вип. 249. С.106-120.
36. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник. / Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
37. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Шахман І.О. Оцінювання природних водних ресурсів Нижнього Подніпров'я за метеорологічними даними // Міжвід.наук.зб. України: Метеорологія, кліматологія та гідрологія. Одеса, 2005. Вип. 49. С.485-496.
38. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты / Л.: Гидрометеиздат, 1979. 430 с.
39. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / К.: Ніка-центр, 2010. 316 с.
40. Гушля А.В., Мезенцев В.С., Водно-балансовые исследования / Л.: Гидрометеиздат, 1982. 230 с.
41. Давыдов Л.К. Водоносность рек СССР, ее колебания и влияние на нее физико-географических факторов / Л.: Гидрометеиздат, 1947. 162 с.
42. Дослідження руслових процесів на гірських річках Закарпаття з метою обґрунтування комплексу протипаводкових заходів (на прикладі р. Тересви): Закл.звіт про НДР / КНУ імені Тараса Шевченка / Ободовський О.Г., Оніщук В.В., Гребінь В.В. та ін. № д.р.0196U010099, К., 2000. 92 с.
43. Д'ячук В.А., Сусідко М.М. Паводки в Закарпатті та причини їх виникнення // Український географічний журнал. 1999. №1. С.48-51.
44. Екологічний стан водотоків басейну Верхньої Тиси (українсько-румунська ділянка) / За ред. С.О. Афанасьєва. Ужгород: Інформаційно-видавниче агентство «ІВА», 2010. 36 с.
45. Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР / Л.: Гидрометеиздат, 1946. 148 с.

46. Зайков Б.Д. и Белингов С.Ю. Средний многолетний сток рек СССР. Труды ГГИ, вып. 2 (56), 1937. 76 с.
47. Звіт про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2003 р. / Державне управління екології та природних ресурсів в Закарпатській області. Ужгород, 2004. 62 с.
48. Звіт про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2004 р. / Державне управління екології та природних ресурсів в Закарпатській області. Ужгород, 2005. 78 с.
49. Каганов Я.И. Переформирование русел регулируемых участков горных рек: Автореф. дисс. ... доктора техн. наук: 05.14.09. / М., 1991. 50 с.
50. Кафтан А.Н. Исследование основных руслоформирующих факторов рек Украинских Карпат: Автореф. дисс. ... кандидата техн. наук: 05.14.09. / Л., 1983. 16 с.
51. Кафтан А.Н., Кузнец А. Я., Онищук В.В. Закономерности русловых процессов рек Украинских Карпат и их практические приложения // Тр. V Всесоюзного гидрологического съезда. Л.: Гидрометеиздат, 1988. Т.Х., кн.1. С. 244-253.
52. Кирилюк М.І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат: Навчальний посібник / Чернівці: Рута, 2001. 246 с.
53. Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз / Львів: Інститут українознавства, 1997. 440 с.
54. Колесник И.А. Состояние химического загрязнения рек Украины и его динамика во второй половине XX столетия // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2000. т.1. С.72-79.
55. Коноваленко О.С. Аналіз інтенсивності горизонтальних руслових деформацій на гірських річках Закарпаття // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. К.: Ніка-Центр. 2006. Т.11. С.153-158.
56. Константинов А.Р. Испарение в естественных условиях / Л.: Гидрометеиздат, 1963. 590 с.

57. Копалиани З.Д., Цхададзе В.С. Типы речных русел Западной Грузии // Труды ГГИ. 1972. Вып. 195. С.20-23.

58. Коробов В., Оверченко А. Современные оценки ожидаемого изменения климата в бассейне среднего и нижнего Днестра // Материалы Международной конференции «Интегрированное управление природными ресурсами трансграничного бассейна Днестра», Кишинев, 2004. С.168-171.

59. Кочерин Д.И. Вопросы инженерной гидрологии. Энергоиздат / М., 1932. 208 с.

60. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком / М., Наука, 1981. 235 с.

61. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. О приемах исследования случайных колебаний речного стока // Тр. НИУ ГУГМС; Л.: Гидрометеиздат, 1946. сер.IV, вып. 29. С. 3-32.

62. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Расчеты речного стока / М. Л.: ОНТИ, Госстройиздат, 1934. 260 с.

63. Кузин П.С. График испарения с поверхности речного бассейна и его применение к расчету среднегомноголетнего стока // Зап. ГГИ, 1934. т. XII. С. 189-209.

64. Лобода Н.С. Ландшафтна різноманітність та районування характеристик стоку Українських Карпат // Науковий вісник Чернівецького університету. Географія, 2006. Вип. 305. С.12-19.

65. Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах: Навчальний посібник / Одеса: Екологія, 2010. 184 с.

66. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: моногр. / Одесса: Экология, 2005. 208 с.

67. Лобода Н.С., Божок Ю.В. Мінливість клімату та водних ресурсів Закарпаття // Вісник Одеського державного екологічного університету. Одеса: ТЕС, 2011. Вип. 12. С.161-167.

68. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне / М.: Изд-во АН СССР, 1955. 346 с.
69. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы / Изд-во МГУ, 1986. 264 с.
70. Малі річки України: Довідник / А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець, Є.О. Богатов та ін.. К.: Урожай, 1991. 295 с.
71. Материалы по типизации рек Украинской ССР. Гидрографические характеристики рек Украинской ССР / под ред. Дрозда Н.И. К.: Изд-во Акад. наук Украинской ССР, 1953. Т. 2. 350 с.
72. Мезенцев В.С. Расчеты водного баланса: Учебное пособие / Омск, 1967. 76 с.
73. Мельник А.В. Ландшафтно-гідрологічні аспекти формування екологічної ситуації в Українських Карпатах // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2002. т. 3. С.126-132.
74. Мельник А.В. Українські Карпати: еколого-ландшафтне дослідження / Львів, 1999. 286 с.
75. Метропольский А.К. Техника статистических вычислений / М., 1961. 479 с.
76. Мягкова Н.А. Климат СССР / М.: МГУ, 1983. 146 с.
77. Ободовський О.Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України) / Київ:НІКА-Центр, 2001. 274 с.
78. Ободовський О.Г. Руслові процеси: Навчальний посібник / К.: РВЦ «Київський університет», 1998. 134 с.
79. Ободовський О.Г., Лиманська І.В. Умови формування русел гірських річок (на прикладі р. Тересви) // Україна та глобальні процеси:географічний вимір. Київ-Луцьк: Вежа. 2000. Т.2. С.285-289.
80. Ободовський О.Г., Онищук В.В., Гребінь В.В., Розлач З.В., Коноваленко О.С, Яцюк М.В. Руслові процеси річки Лимниця / Київ.: НІКА-Центр, 2010. 256 с.

81. Ободовський О.Г., Онищук В.В., Коноваленко О.С. Руслоформуючі витрати та класифікація паводків на гірських річках // Вісник Київського університету. Географія. 2002. Вип.48. С.42-47.

82. Ободовський О.Г., Онищук В.В., Федів Р.Є. Обґрунтування оптимальних управлінських рішень для протипаводкового захисту урбанізованих заплавної території в басейні р. Латориця // Водне господарство України. К., 2009. №4. С.17-24.

83. Ободовський О.Г., Онищук В.В., Цайтц Є.С., Гребінь В.В., Коноваленко О.С., та ін. Гідроморфологічний аналіз руслових процесів р. Тересва // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Київ.: Ніка-Центр. 2001. Т.2. С.343-351.

84. Ободовський О.Г., Цайтц Є.С., Гребінь В.В., Онищук В.В., Козицький О.М. Динаміка руслових деформацій річок Закарпаття // Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви). Рахів, 1999. С.252-256.

85. Ободовський О.Г., Шуляренко І.П. Сучасні підходи до визначення стійкості річкових русел // Меліорація і водне господарство. 1999. Вип.86. С.105-112.

86. Олійник В.С. Паводкоакумулююча роль гірських лісів Карпат // Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви). Рахів, 1999. С.257-260.

87. Ольдекоп Э.М. Об испарении с поверхности речных бассейнов / Труды Юрьевской обсерватории, 1911. 120 с.

88. Онищук В.В. Методика и некоторые результаты исследований неразрывающих скоростей потока для русел, сложенных из неоднородных несвязных грунтов // Мелиорация и водное хозяйство. К., 1975. Вып. 35. С.83-92.

89. Онищук В.В., Бильчук А.С., Козицкий О.М. Физическое моделирование русловых процессов горных рек // Мелиорация и водное хозяйство. К., 1989. Вып. 70. С.60-63.

90. Онуфриенко Л.Г., Волошин И.И. Определение годового стока рек Украины и Молдовы // Труды УкрНИИ Госкомгидромета. М.: Московское отделение Гидрометеоздата, 1986. Вып. 217. С.3-20.
91. Определение расчетных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83 / М., 1985. 36 с.
92. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідковий посібник / К.: НІКА – Центр, 2001. 392 с.
93. Пастернак П.С., Приходько М.М. Ліс і охорона вод від забруднення / Ужгород: Карпати, 1988. 96 с.
94. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчеты / Л.: Гидрометеоздат, 1946. 246 с.
95. Поляков Б.В. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на реках малых бассейнов / М. Л.: Гидрометеоздат, 1948. 192 с.
96. Поляков Б.В. Сток и водный баланс горных рек. Принципы и методы комплексного использования водных ресурсов малых бассейнов / Л.: Гидрометеоздат, 1950. ч.ІІІ. 178 с.
97. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / Л.: Гидрометеоздат, 1984. 447 с.
98. Природа Українських Карпат / Під ред. К.І. Геренчука. Львів, 1963. 265 с.
99. Рахманов В.В. Об использовании гидрологических наблюдений на логах и площадках в исследованиях влияния агротехники на сток рек // Метеорологія і гідрологія, 1966. №7. С.189-224.
100. Ресурси поверхневих вод СРСР / Л.: Гидрометеоздат, 1966. Т. 6 – Вып. 1: Украина и Молдавия. 884 с.
101. Ресурси поверхневих вод СРСР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия / Под ред. М.С. Каганера. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. 900 с.
102. Рождественский А.В. Оценка точности кривых распределения гидрологических характеристик / Л.: Гидрометеоздат, 1977. 269 с.

103. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии / Л.: Гидрометеиздат, 1974. 423 с.
104. Розовский И.Л., Базилевич В.А., Гайдученко В.М., Бухин М.Н., Кафтан А.Н. Русловые процессы на предгорных участках рек // Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда. 1976. т.10. С.115-121.
105. Ромашин В.В. Некоторые особенности руслового процесса на горной реке // Труды ГГИ. 1967. Вип. 144. С. 66-76.
106. Ромащенко М., Савчук Д. Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини регулювання / Київ.: Аграрна наука, 2002. 304 с.
107. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик / Л.: Гидрометеиздат, 1973. 111 с.
108. Сливка П.Д., Новосад Я.О., Будз О.П. Гідрологія та регулювання стоку: Навчальний посібник / Рівне: УДУВГП, 2003. 288 с.
109. Соколовский Д.Л. Применение кривых вероятностей к расчетам годового и минимального стока / Л.: ГЭИ, 1934. 52 с.
110. Соколовский Д.Л. Применение кривых распределения к установлению вероятных колебаний годового стока для рек Европейской части СССР / Материалы по гидрологии, гидрографии и водным ресурсам СССР. Гостехиздат, Л., 1930. вып. III. 77 с.
111. Соколовский Д.Л. Речной сток (Основы теории и методики расчета) / Л.: Гидрометеиздат, 1968. 540 с.
112. Соседов И.С. Методика территориальных воднобалансовых обобщений в горах / Алма-Ата: Наука, 1975. 196 с.
113. Соседко М.М., Лук'янець О.І. Паводки в Карпатах – причини їх виникнення та повторюваність // Екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви). Рахів, 1999. С.316-321.
114. Справочник по водным ресурсам / под ред. Б.И. Стрельца. Киев: Урожай, 1987. 304 с.

115. Справочник по климату СССР. Украинская ССР / Л.: Гидрометеиздат, 1969. Вып. 10, ч. IV. 696 с.
116. Справочник по климату СССР. Украинская ССР / Киев, 1971. – Вып. 10, ч. II, т. 2. 755 с.
117. Талмаза В.Д., Крошкин А.Н. Гидроморфометрические характеристики горных рек / Фрунзе: Киргизстан, 1968. 204 с.
118. Тепловой и водный режим Украины / А.Р. Константинов, Л.И. Сакали, Н.И. Гойса, Р.Н. Олейник. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 592 с.
119. Указания для управления гидрометеорологической службы по вычислению поправок к измеренным величинам атмосферных осадков / Л.: Гидрометеиздат, 1969. 54 с.
120. Указания по определению расчетных величин годового стока рек и его внутригодового распределения. СН 371-67 / Л.: Гидрометеиздат, 1968. 23 с.
121. Украинские Карпаты: природа, история, экономика, культура / М.А. Голубец, А.Н. Гаврусевич, И.К. Загайкевич и др. К.: Наукова думка, 1988. 208 с.
122. Христофоров А.В. Надежность расчетов речного стока / М.: Изд.-во МГУ, 1993. 168 с.
123. Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов / М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 232 с.
124. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т.1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел / М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.
125. Чеботарев Н.П. Гидрология суши и расчеты речного стока / Л.: Гидрометеиздат, 1953. 564 с.
126. Чеботарев Н.П. О коэффициентах вариации годового стока для малых рек // Метеорология и гидрология, 1949. № 4. С.77-81.
127. Шевелев Э.М. Формулы коэффициентов вариации годового стока // Тр. НИУ ГУГМС. Гидрометеиздат, 1946. сер. IV, вып. 29. С.113-133.

128. Шерешевский А.И., Вишневский П.Ф. Норма и изменчивость годового стока рек Украины // Гидробиологический журнал. 1997. Т.3. С.81-91.
129. Школьный Є.П. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: навчальний підручник // Є.П. Школьный, І.Д. Лоева, Л.Д. Гончарова // К.: Міносвіти України, 1999. 600 с.
130. Gopchenko E., Katinskaya I., Burlutskaya M. Spatial variability of annual runoff in Zacarpathian region // International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences. April 2016. volume 4: No. 3. P.26-30.
131. Jskowski K. Beitrag zur Ermittlung der Niedrighst, Normal und Hochstwassermengen auf Grund charakteristischer Merkmal der Flussgebiete / Zeitschrift der Osterreichischen Ing. Und Arch., 1886. 271 s.
132. Keller H. Niederschlag, Abfluss und Verdunstung in Mitteleuropa / Berlin, 1906. 455 s.
133. Kricsfalusy V. Melika G.: About the necessity of establishing International Park “ Upper Tisza” in the Central-East Europe // The 41th Working Session of the Special Committee of National Parks and Protected Areas of IUCN: Abstracts. Beijing (China), 1993, h. 78 (in English).
134. Linsiey R., Kohler M., Paulhus J. Applied Hydrology // New York – Toronto – London, 1949. 689 p.
135. Loboda N.S. The assessment of present and future Ukrainian water resources on meteorological evidence // Proceedings of The Second International Conference on Climate and Water. – vol. 3. – Espoo, Finland: Edita Ltd, Helsinki – 1998.
136. Penck A. Die Potamologie als ein Zweig der Physik / Geographische Zeitschrift fur Gewasserkunde, Bd 1, 1896. 222 s.
137. Penck A. Niederschlag und Abfluss in Mitteleuropa / Forsch. d. D. Land und Volkskunde, 1903. 143 s.
138. Penck A. Untersuchungen uber Verdunstung und Abfluss von grosseren Landflachen / Geogr. Abh. Von A. Penk. Wien, 1896. no 5.

139. Schreiber P. Ueber die Beziehungen zwischen dem Niederschlag und der Wasserführung der Flüsse in Mitteleuropa / Met.Zeitschrift. 1904. P.3-22.

140. Szep, T. (1991): A Tisza magyarországi szakaszán fészkelő partifecske (Riparia (L.), 1758) allomány eloszlása és egyedszáma // (Number and Distribution of the Hungarian Sand Martin Population Breeding along the Hungarian Reaches of River Tisa) – Aquila, 98. P.111-124.

141. The Upper Tisa Valley. Preparatory proposal for Ramsar site designation and an ecological background Hungarian, Romanian, Slovakian and Ukrainian co-operation / Editors Hamar J. and Sarkany-Kiss A. Szeged, 1999. 502 p.

Додаток А

Графіки хронологічного часового ходу річного стоку, згладжених за допомогою лінійного фільтру з періодом осереднення $T = 3$ роки

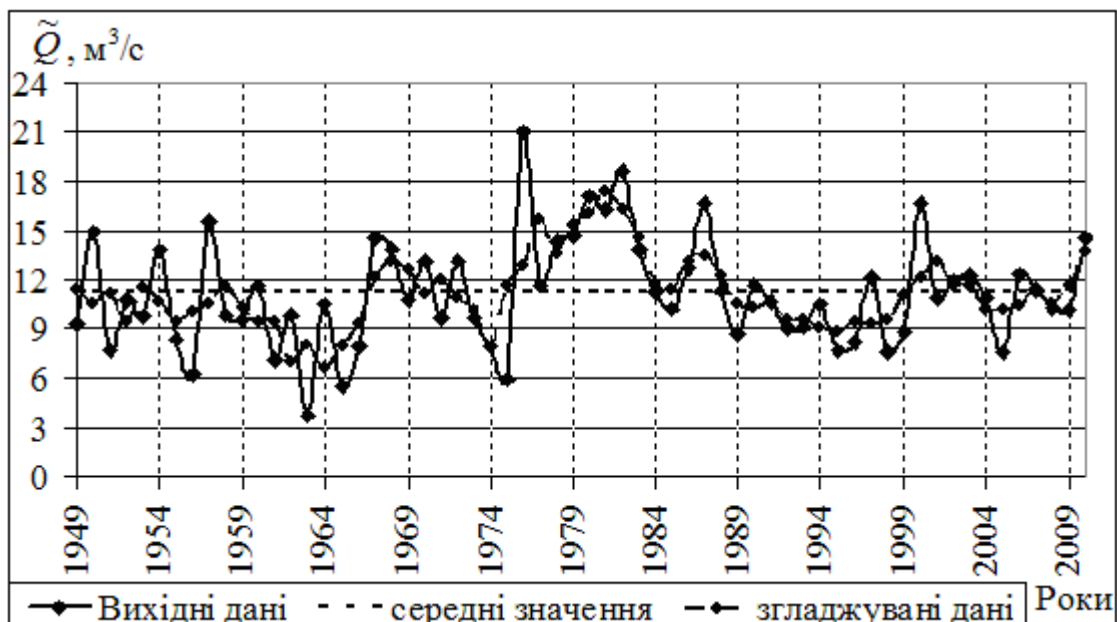


Рис. А.1 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Боржава – с. Довге

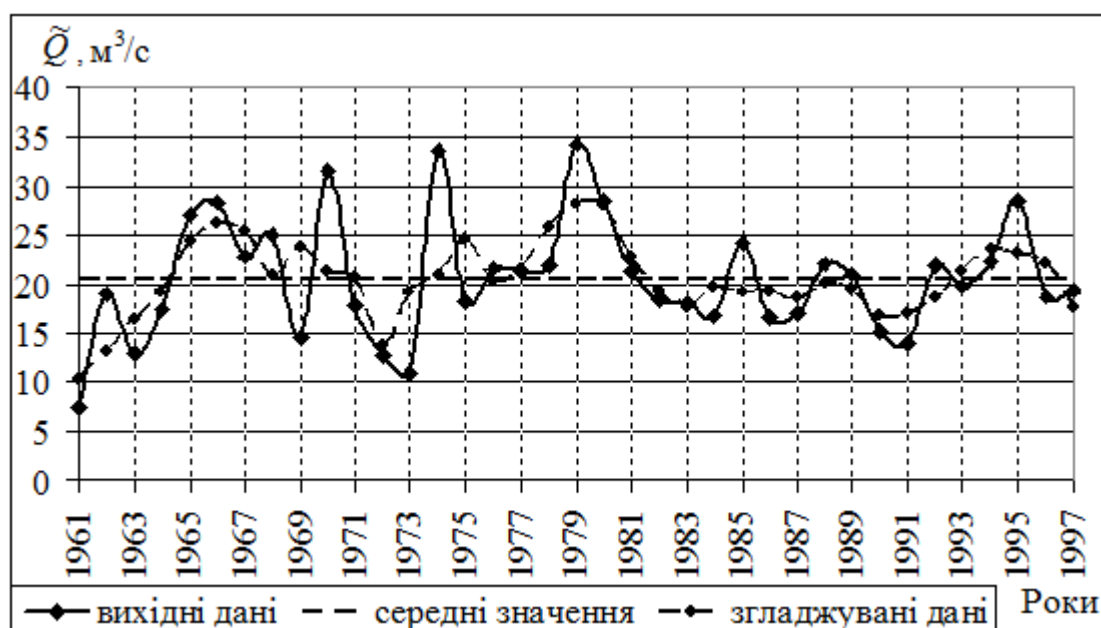


Рис. А.2 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Боржава – с. Шаланки

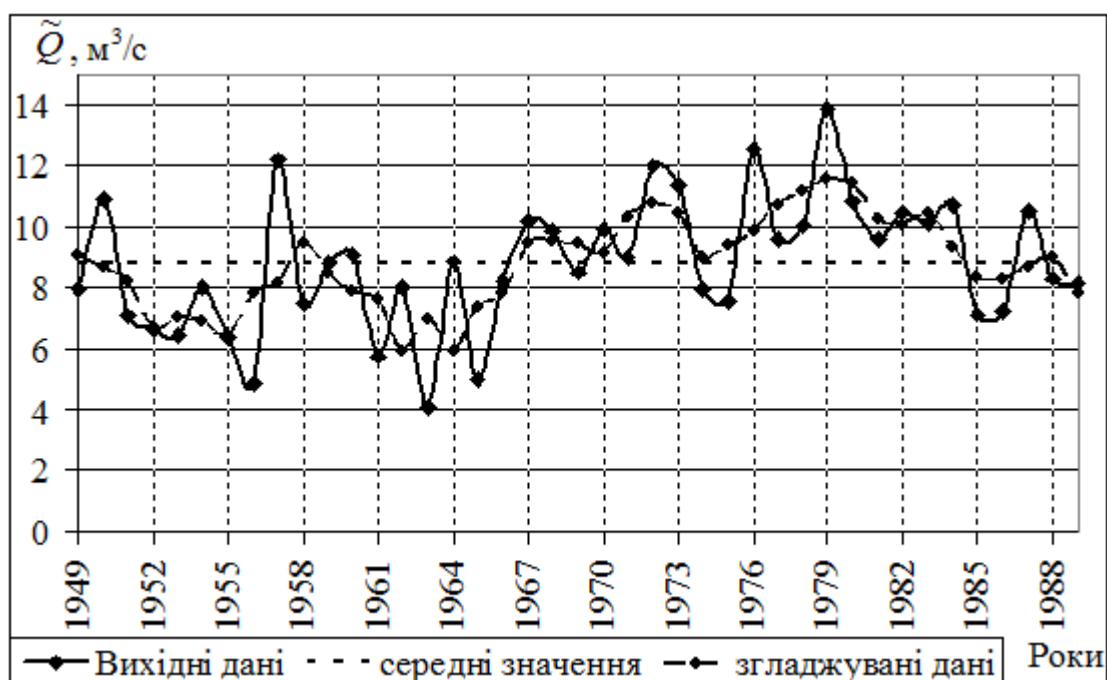


Рис. А.3 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Брустуранка – с. Лопухів

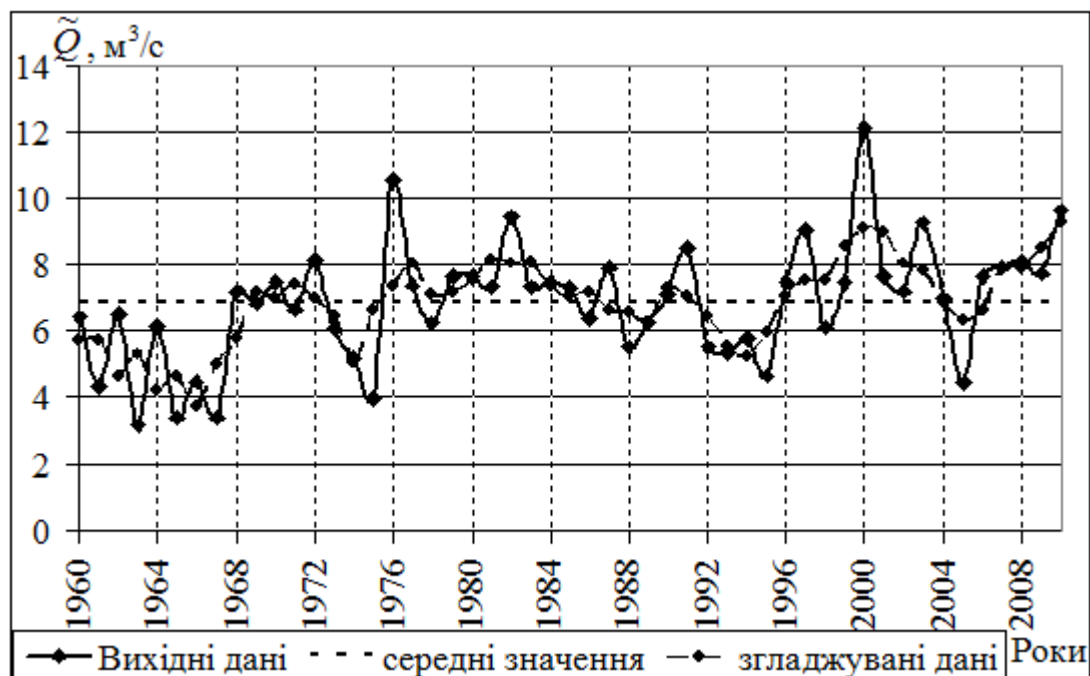


Рис. А.4 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Веча – с. Неліпіне

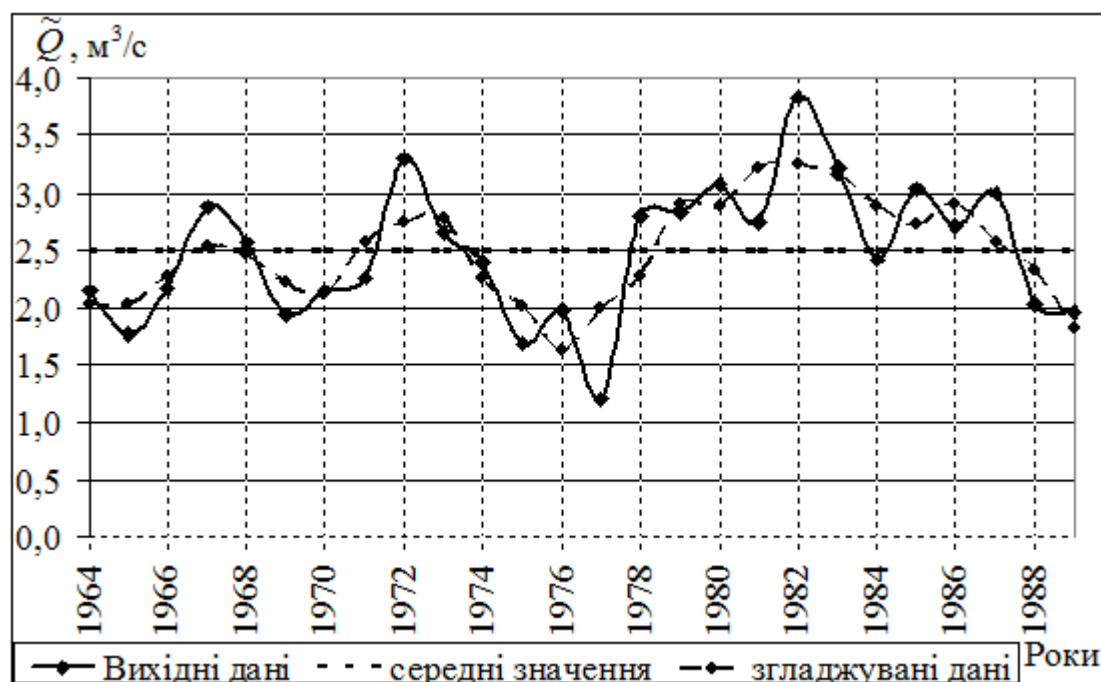


Рис. А.5 Графік хронологічного ходу річного стоку
стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я

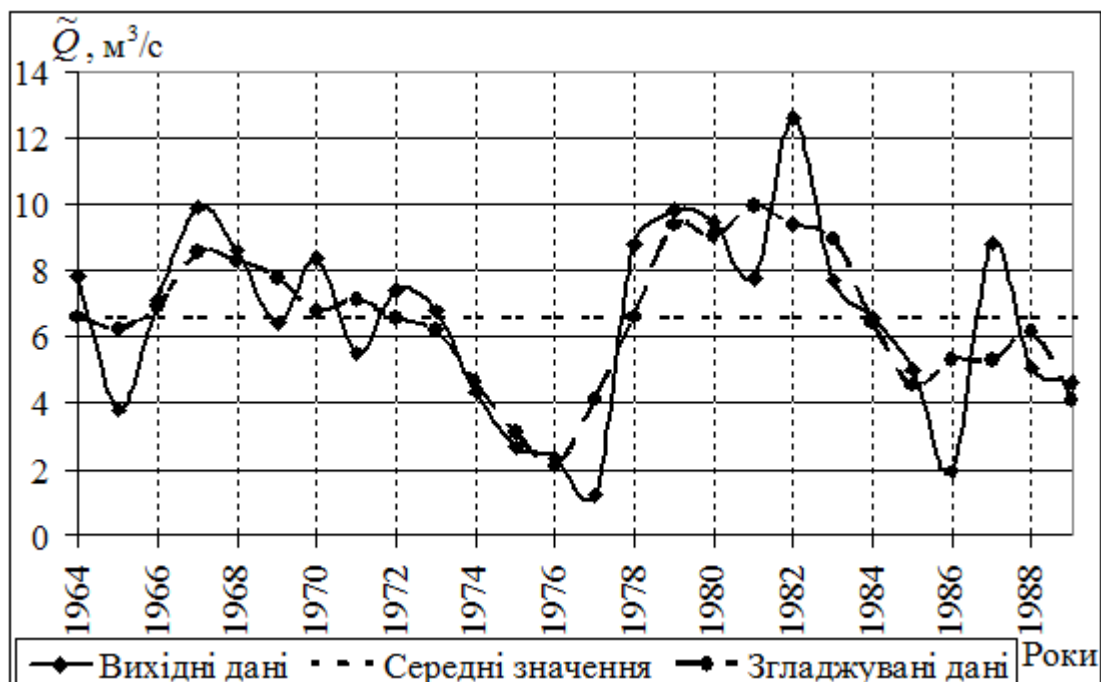


Рис. А.6 Графік хронологічного ходу річного стоку
стр. Йойківець – смт Міжгір'я

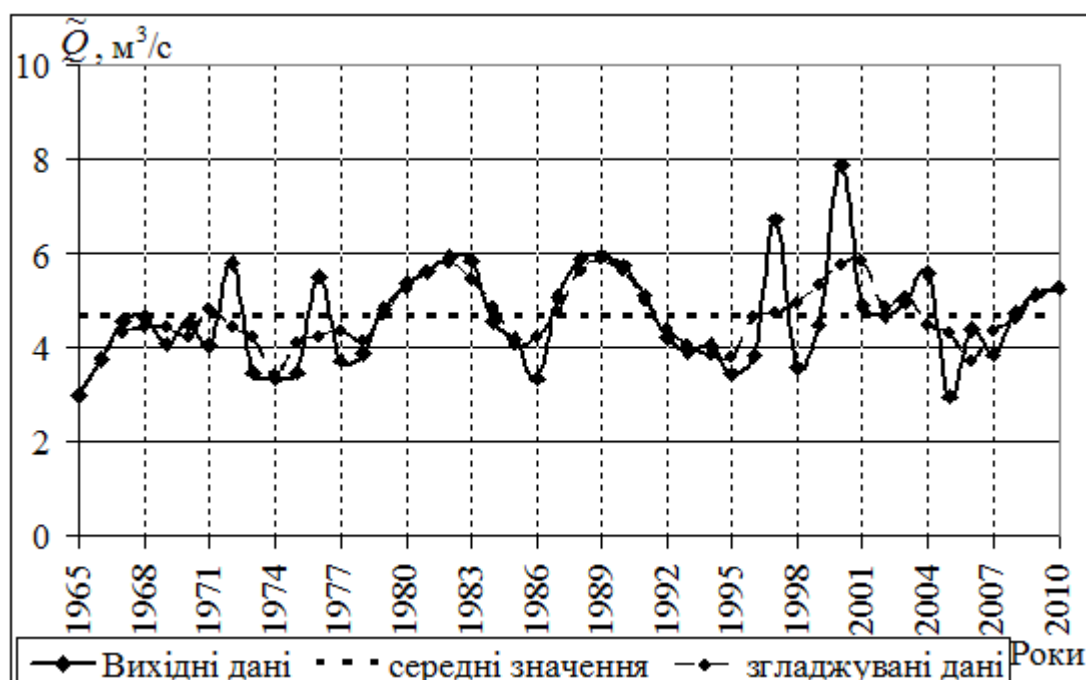


Рис. А.7 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Косовська - с. Косовська Поляна

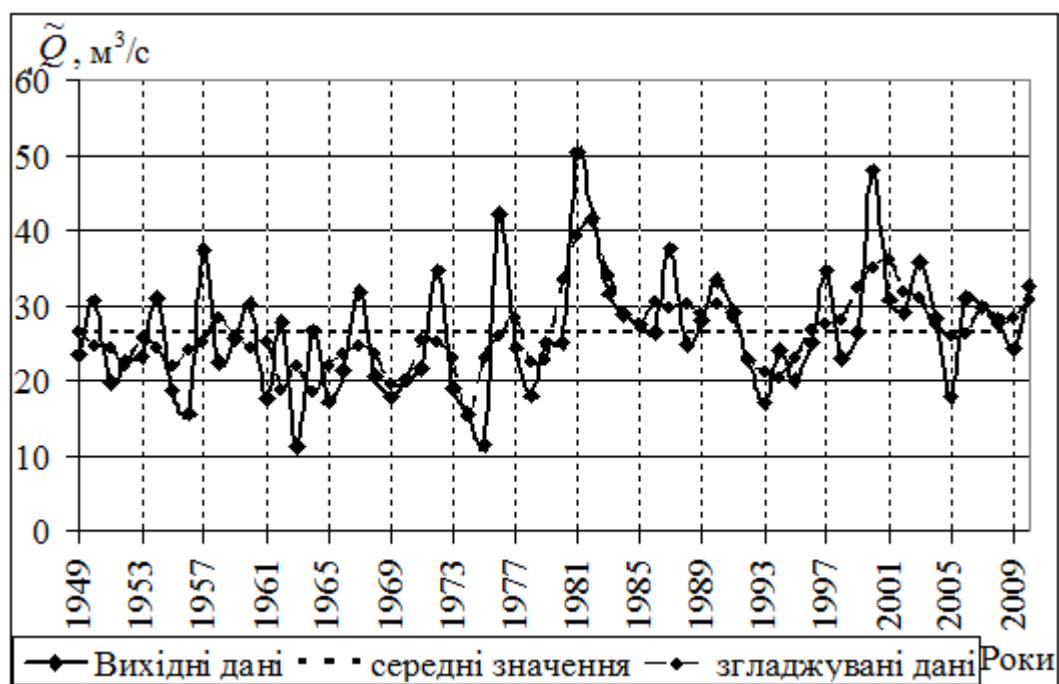


Рис. А.8 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Латориця – м. Мукачеве

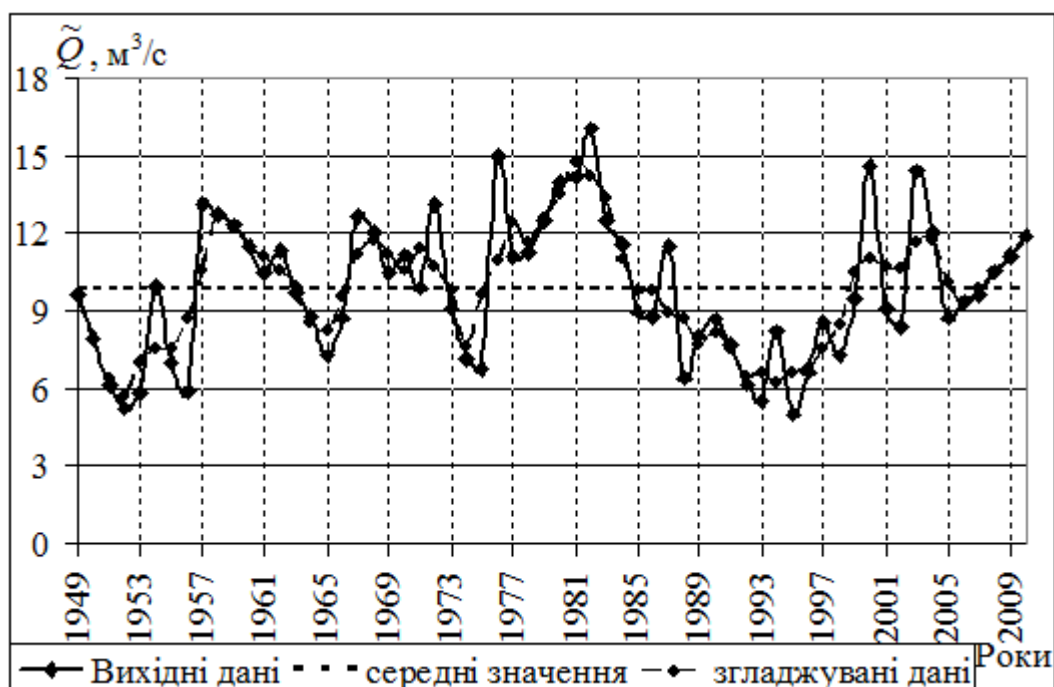


Рис. А.9 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Латориця – с. Підполоззя

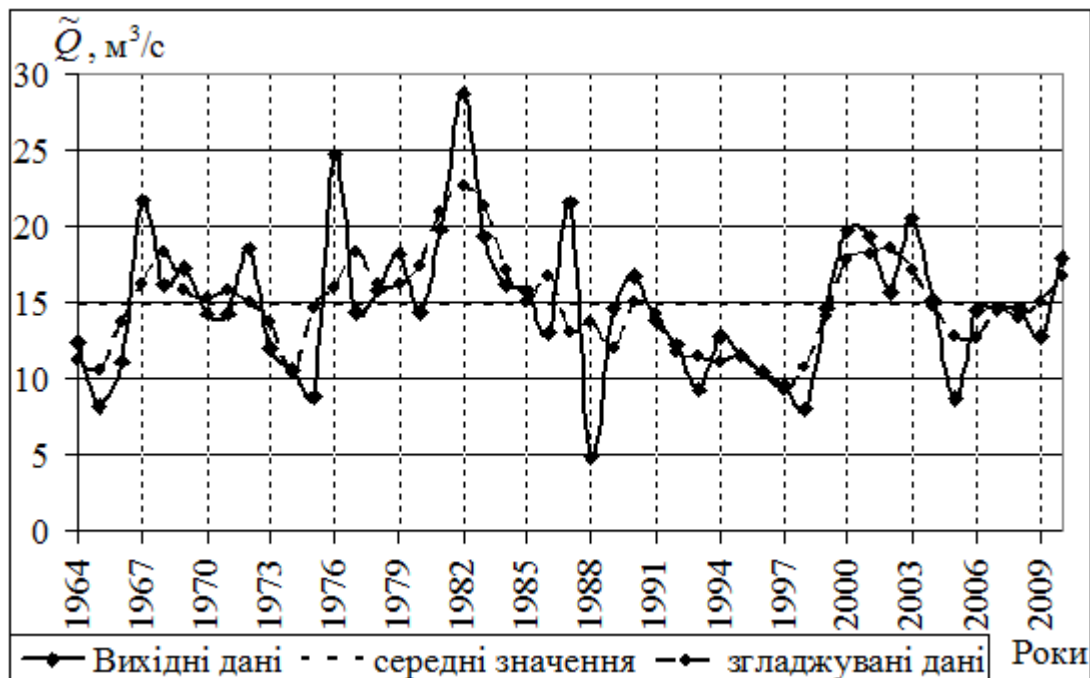


Рис. А.10 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Латориця – м. Свалява

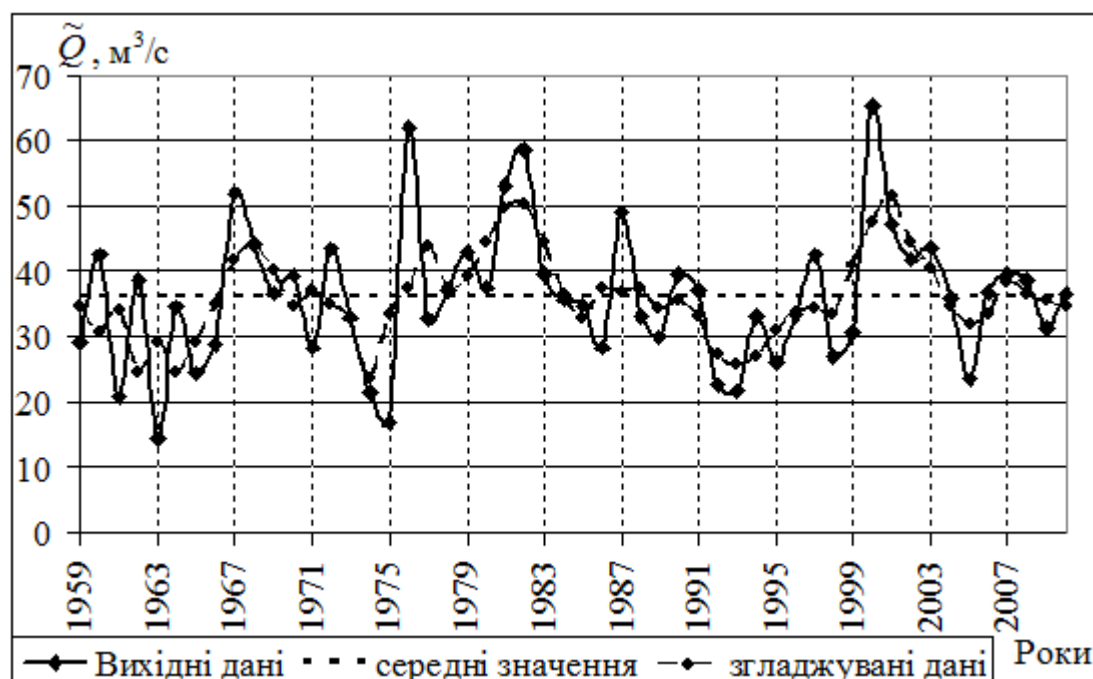


Рис. А.11 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Латориця – м. Чоп

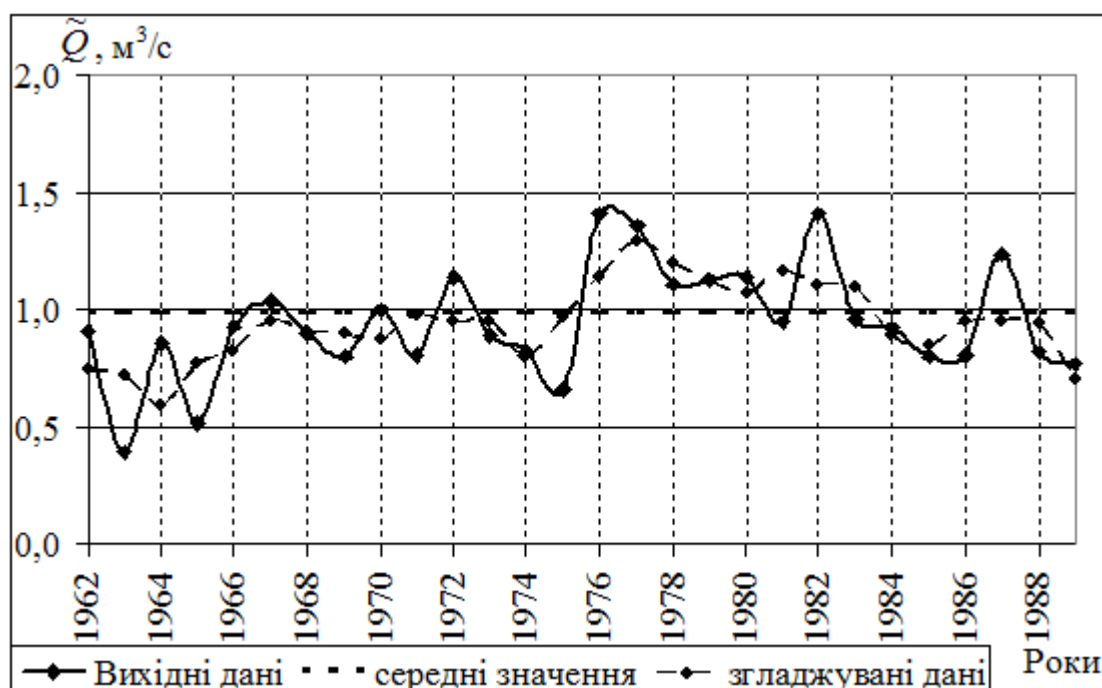


Рис. А.12 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Лопушна – с. Лопушне

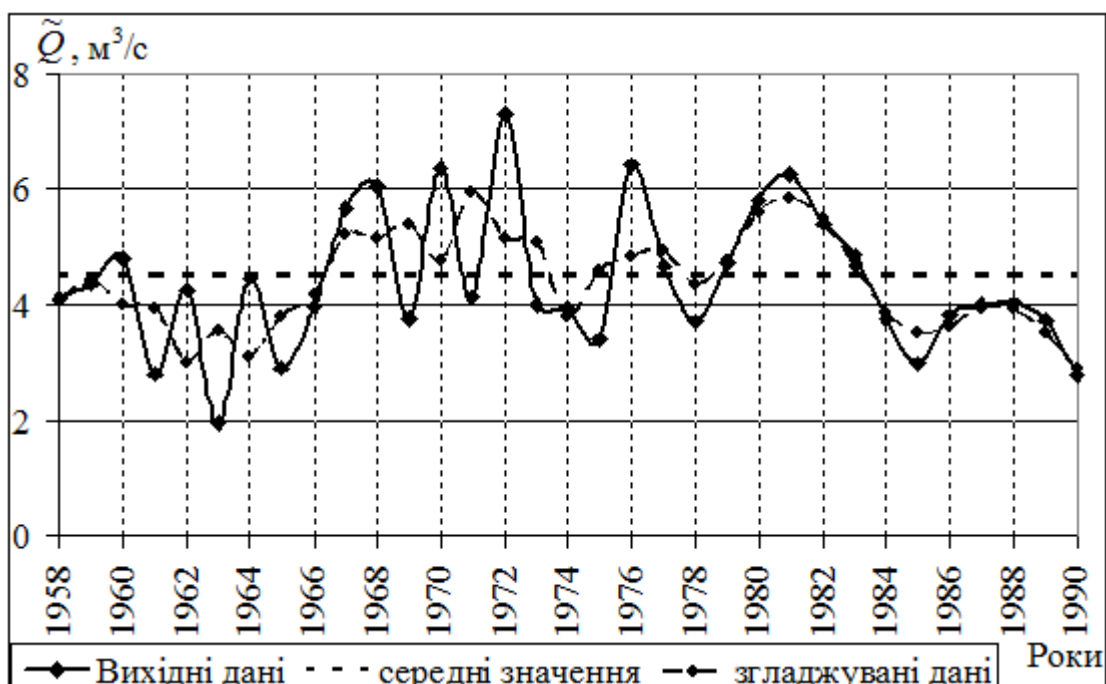


Рис. А.13 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Лужанка – с. Нересниця

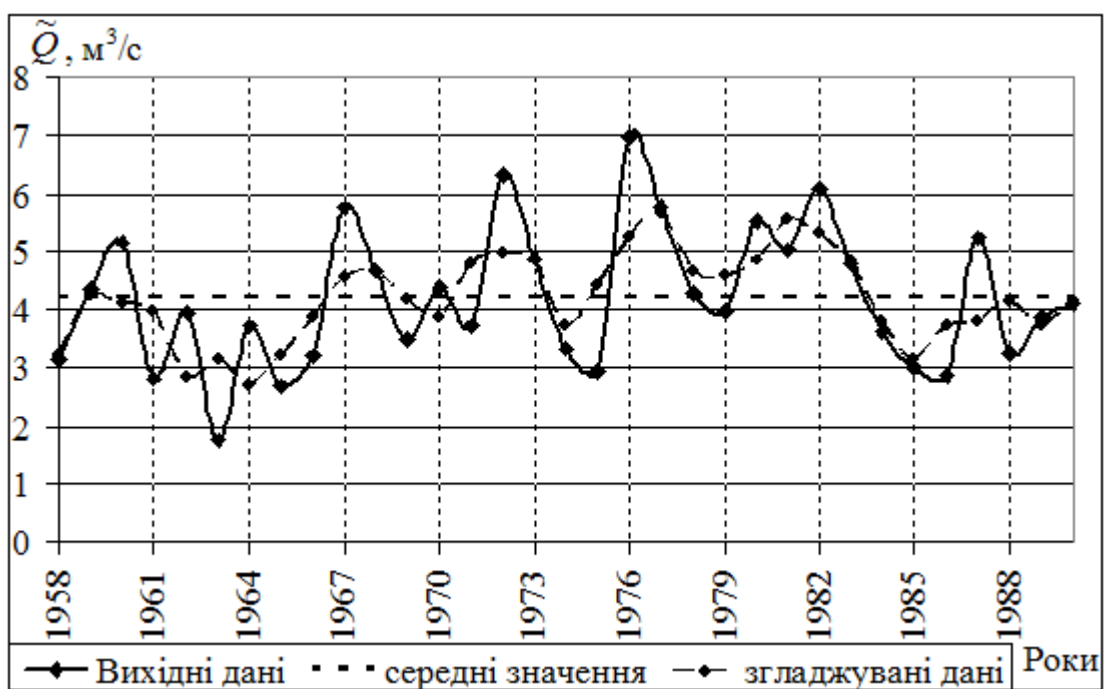


Рис. А.14 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Люта – с. Чорноголова

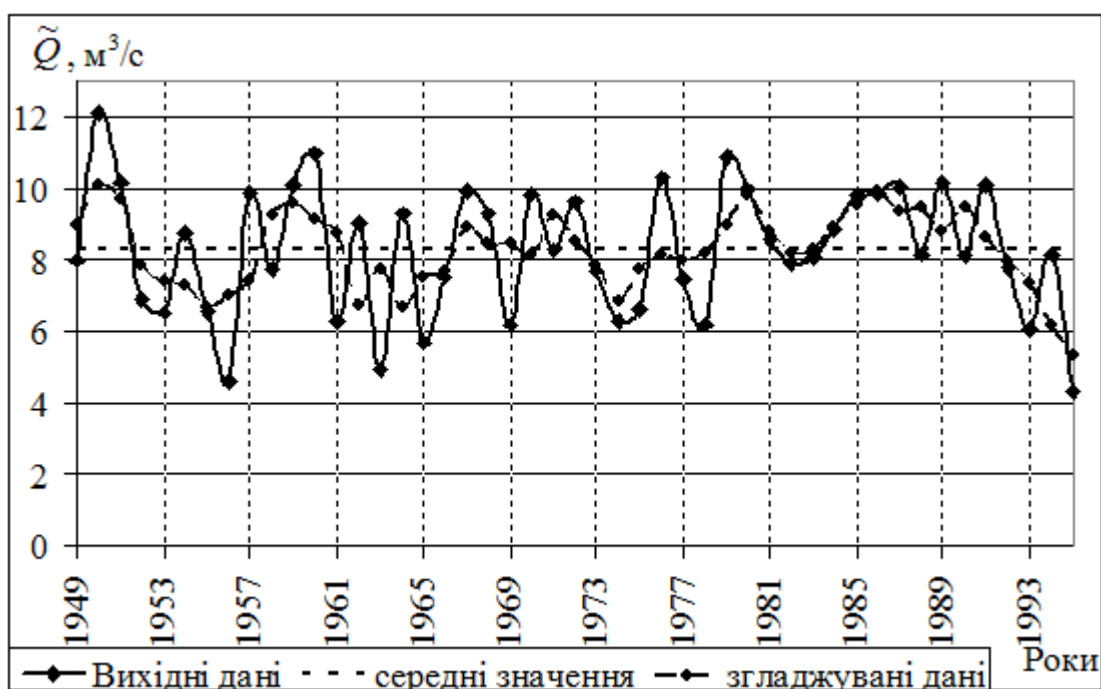


Рис. А.15 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Мокранка – с. Руська Мокра

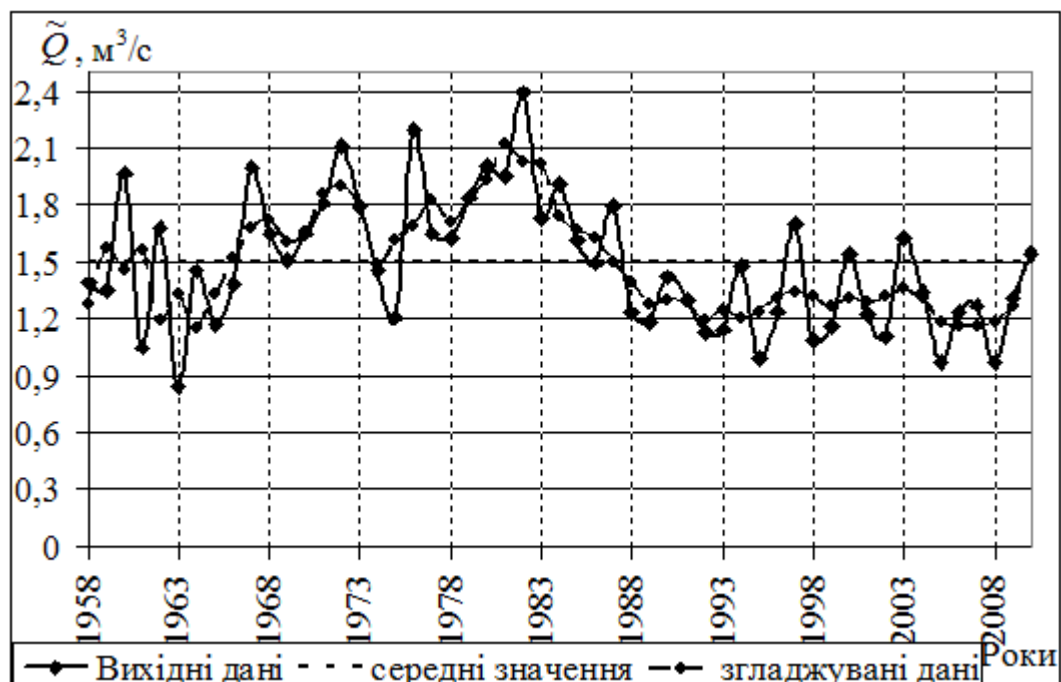


Рис. А.16 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Пилипець – с. Пилипець

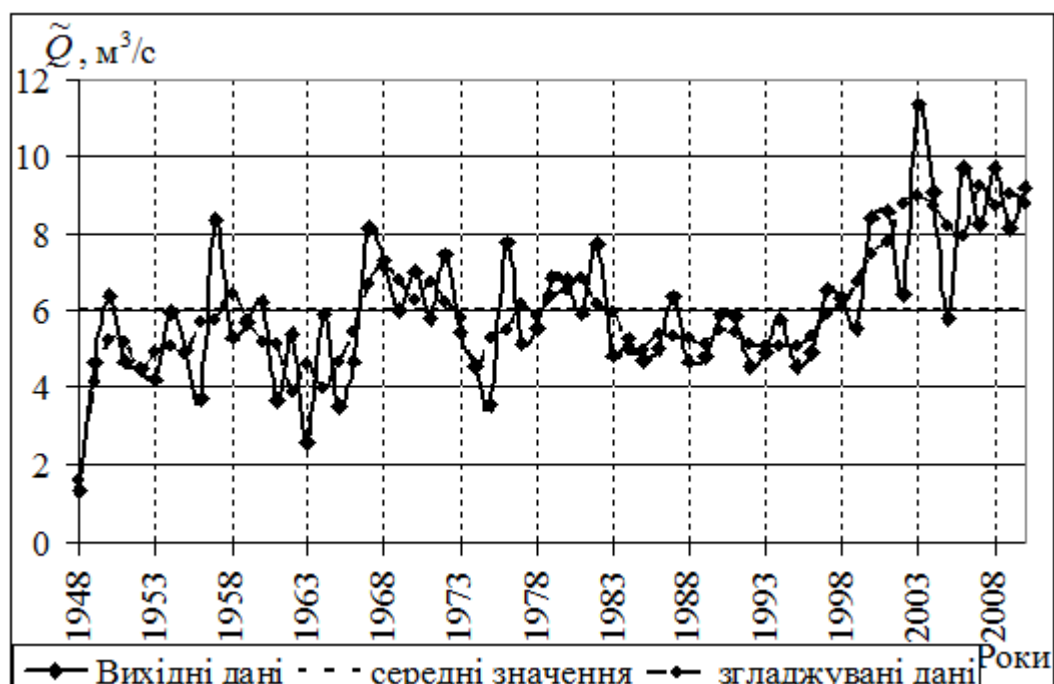


Рис. А.17 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Репінка – с. Репіне

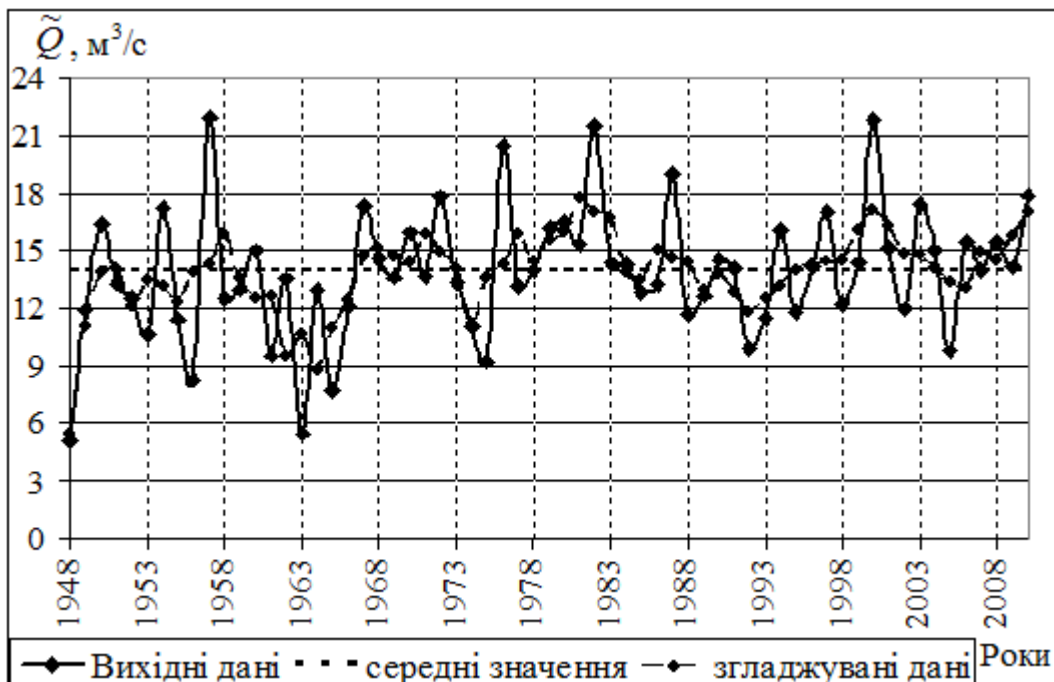


Рис. А.18 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Ріка – смт Міжгір'я

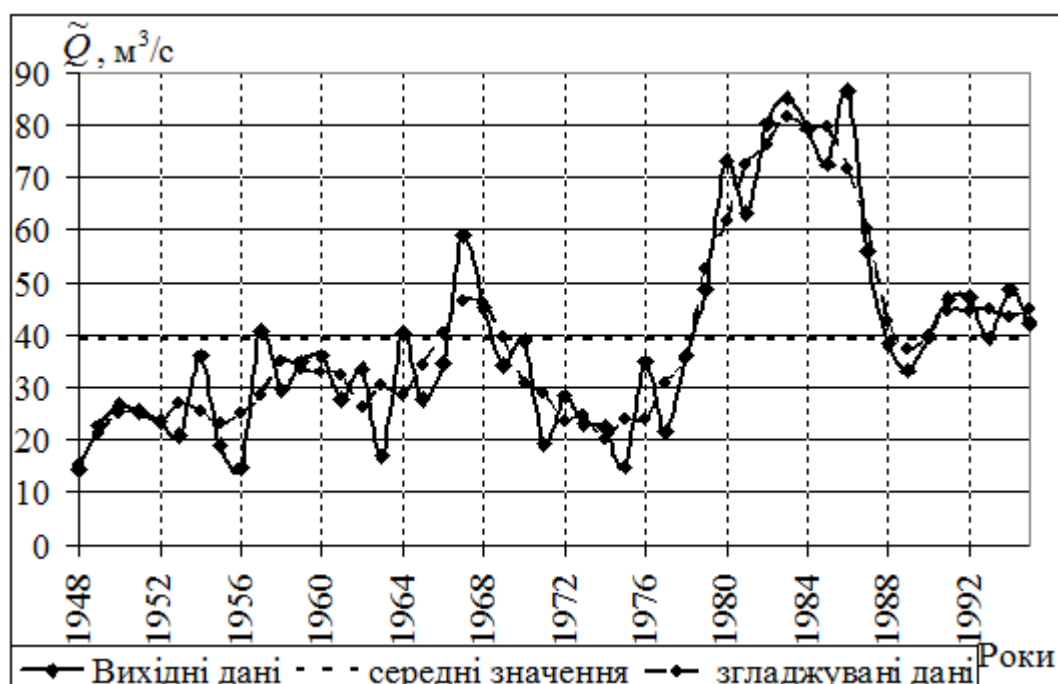


Рис. А.19 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Ріка – м. Хуст

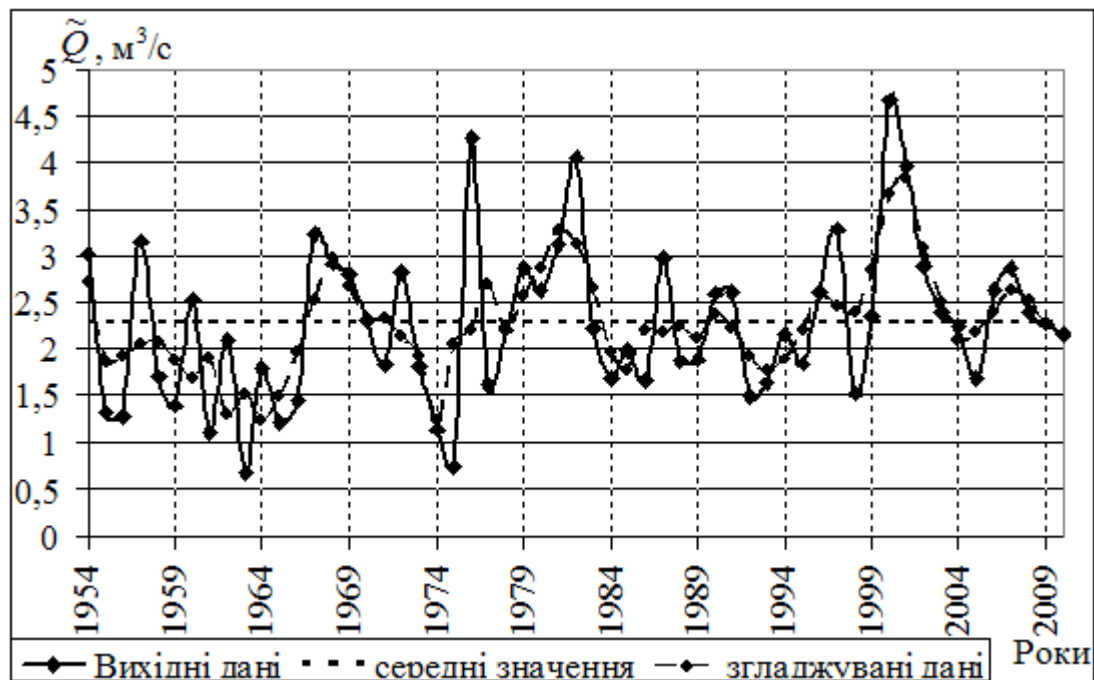


Рис. А.20 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Стара – с. Зняцеве

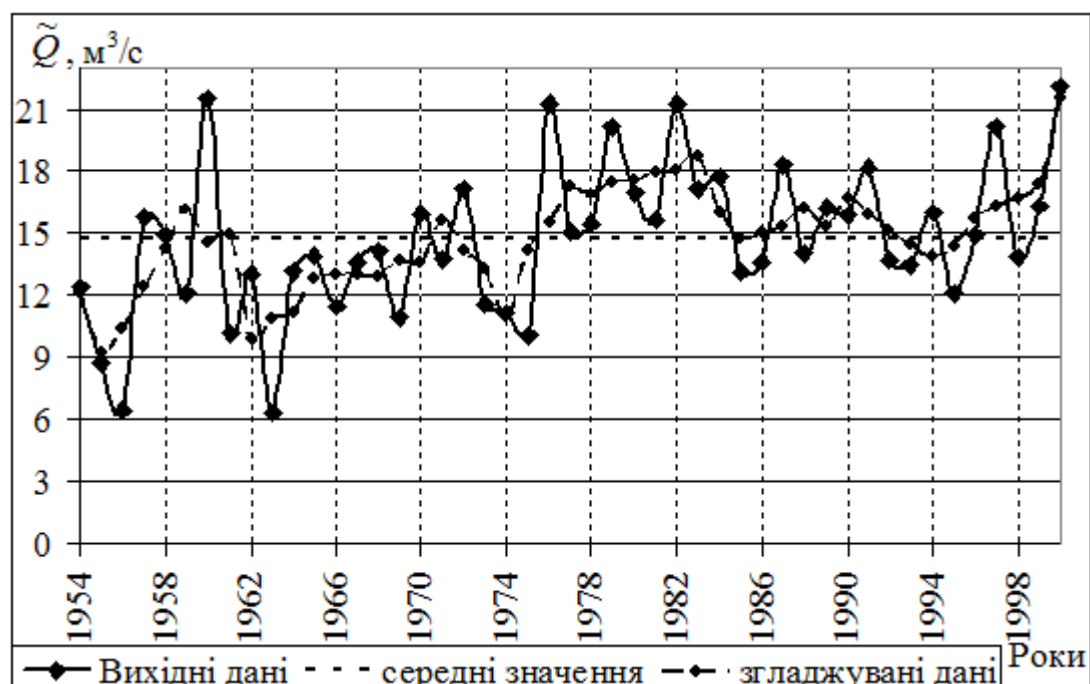


Рис. А.21 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Тербля – с. Колочава

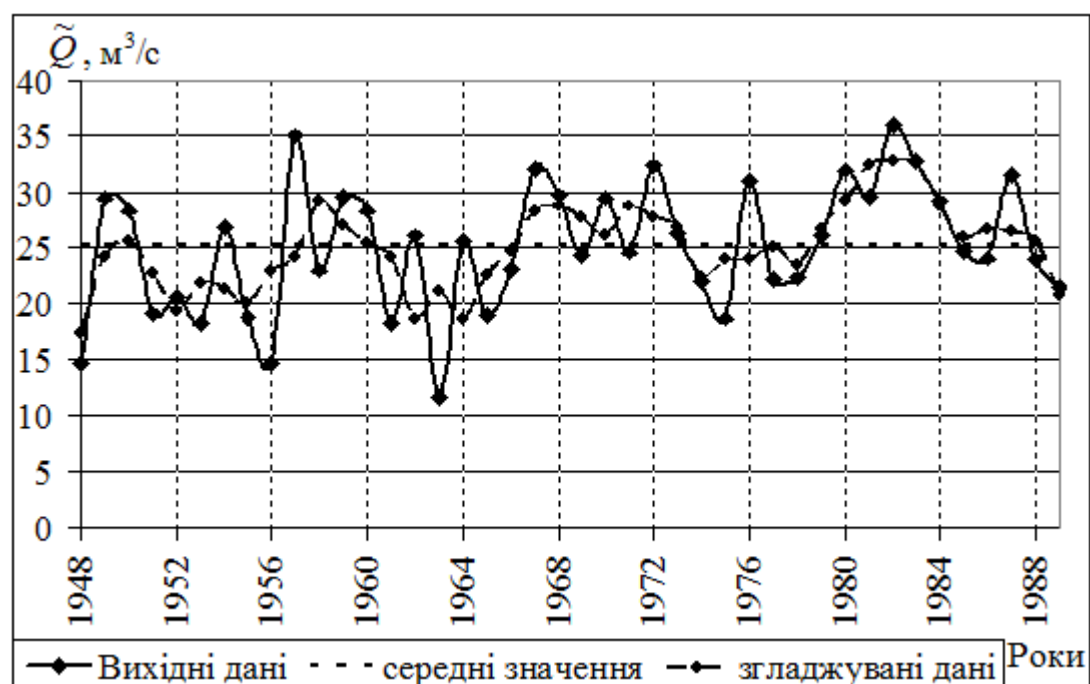


Рис. А.22 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Тересва – смт Дубове

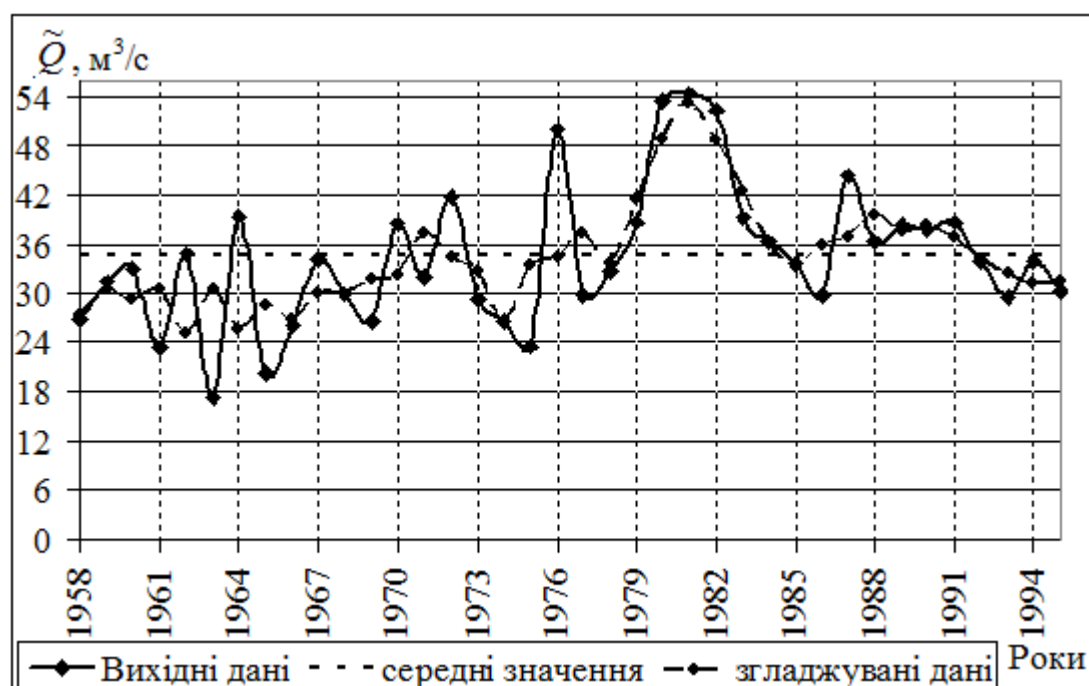


Рис. А.23 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Тересва – с. Нересниця

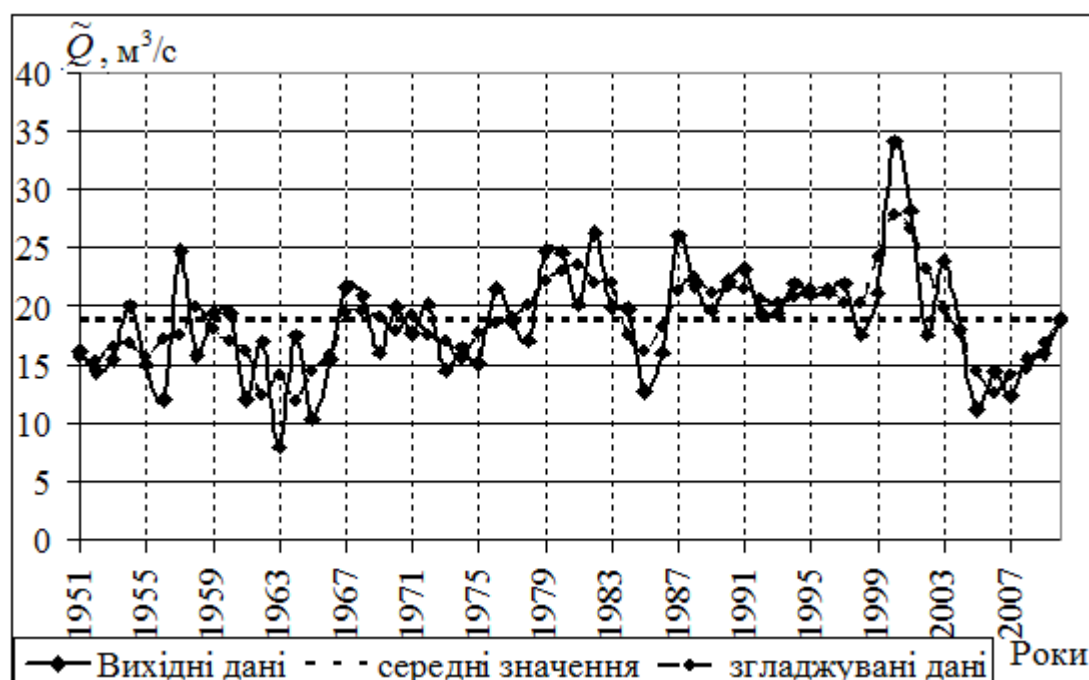


Рис. А.24 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Тересва – смт Усть-Чорна

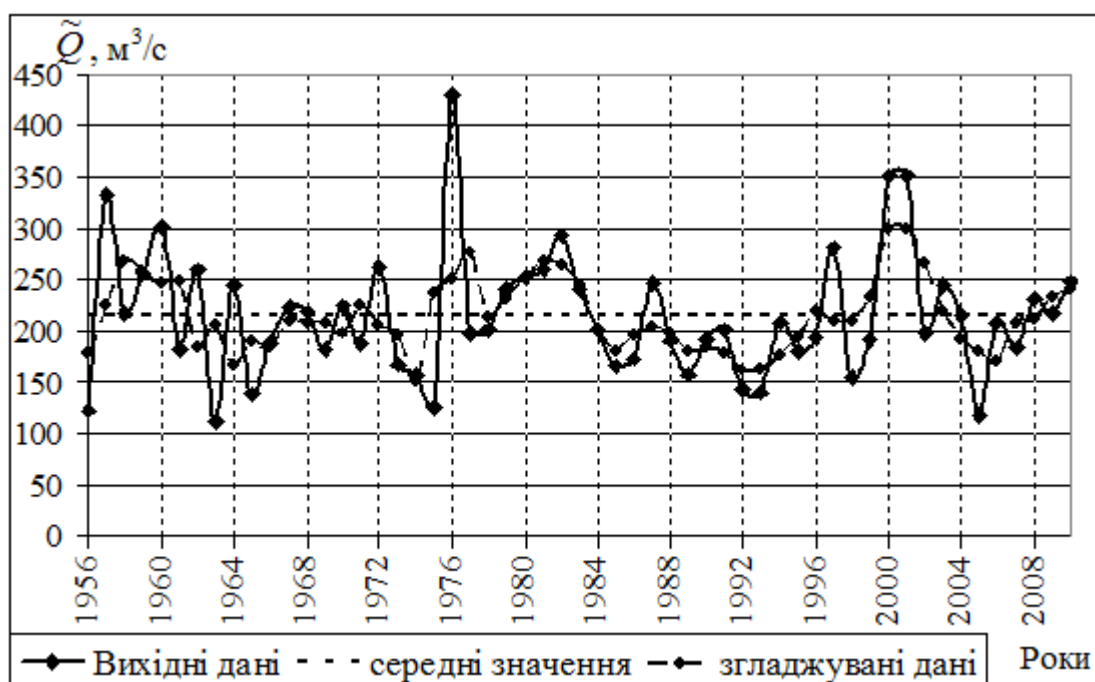


Рис. А.25 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Тиса – смт Вилок

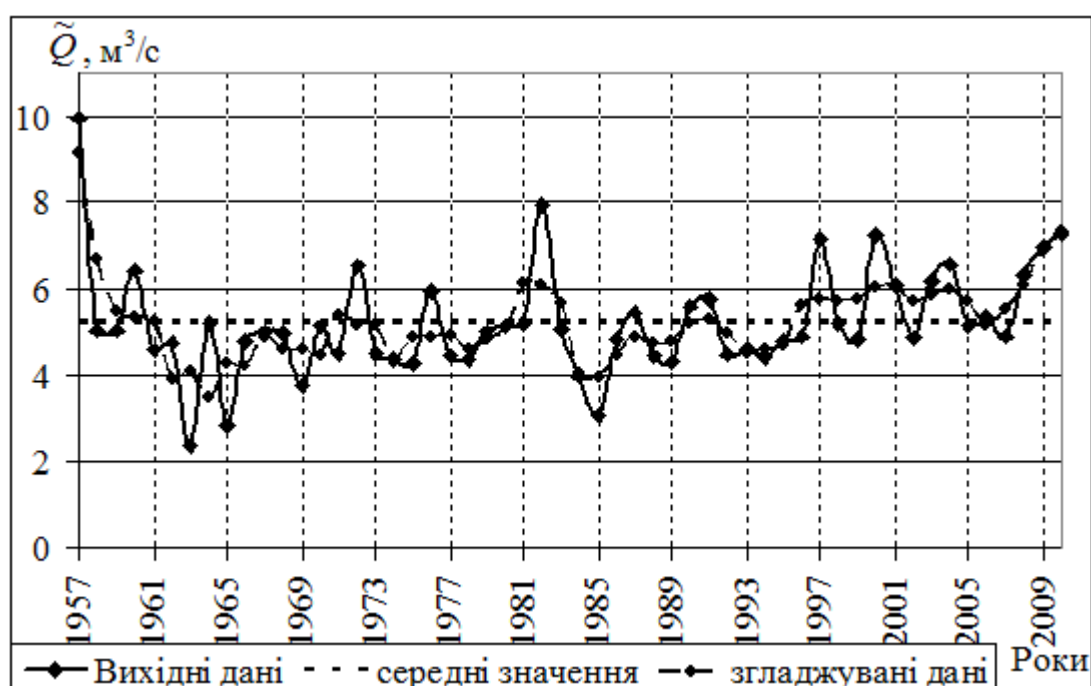


Рис. А.26 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Біла Тиса – м. Луги

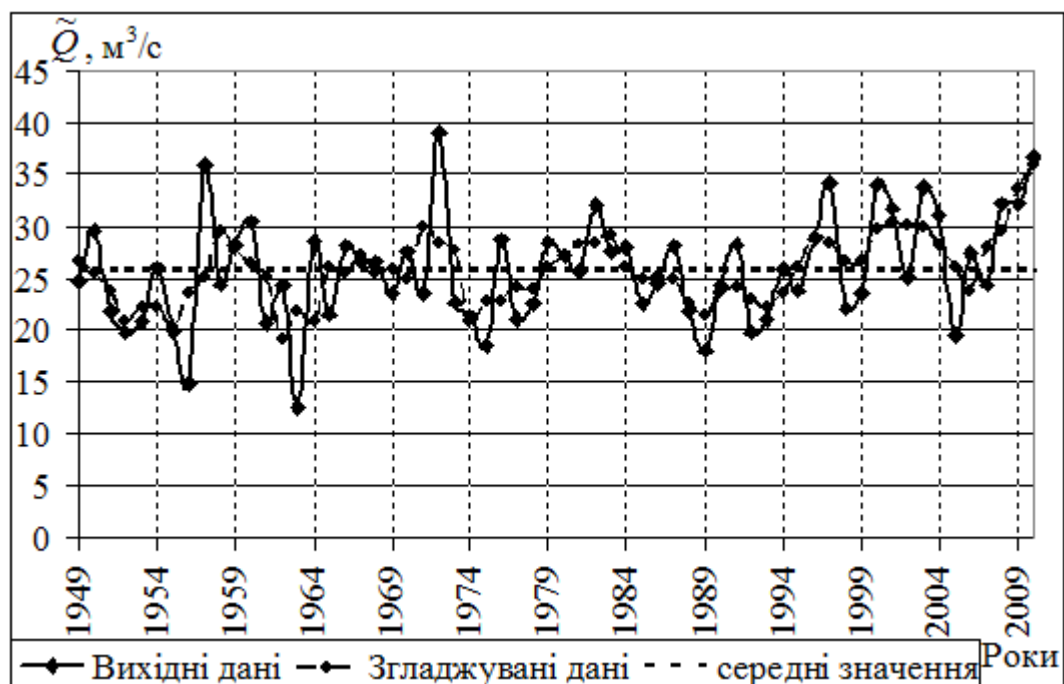


Рис. А.27 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Тиса – м. Рахів

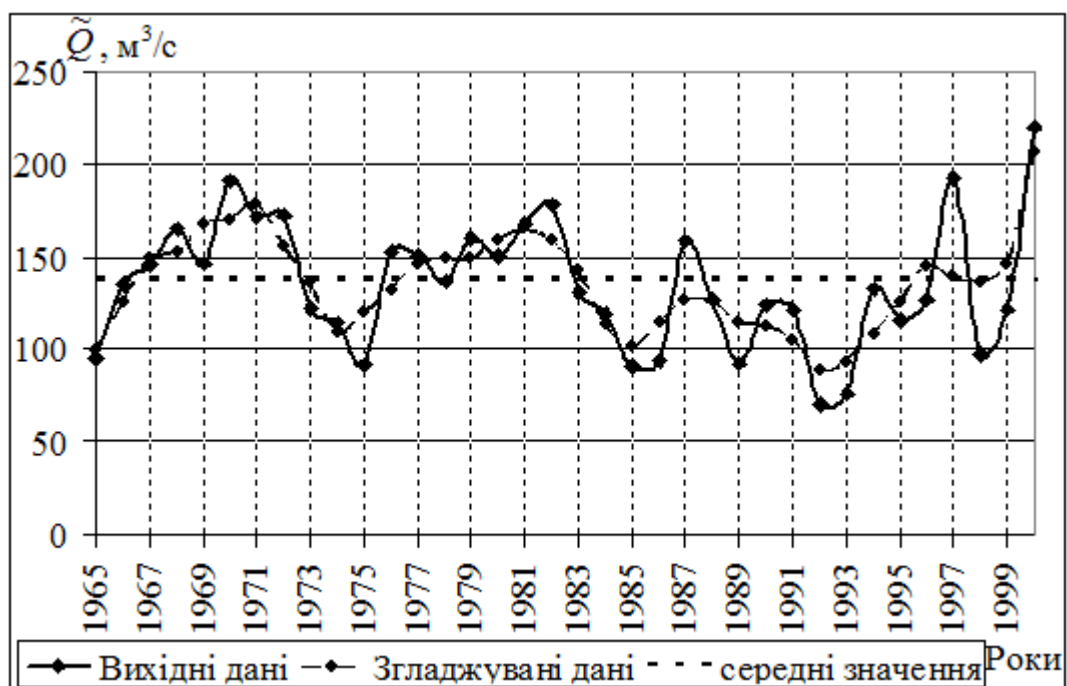


Рис. А.28 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Тиса – м. Тячів

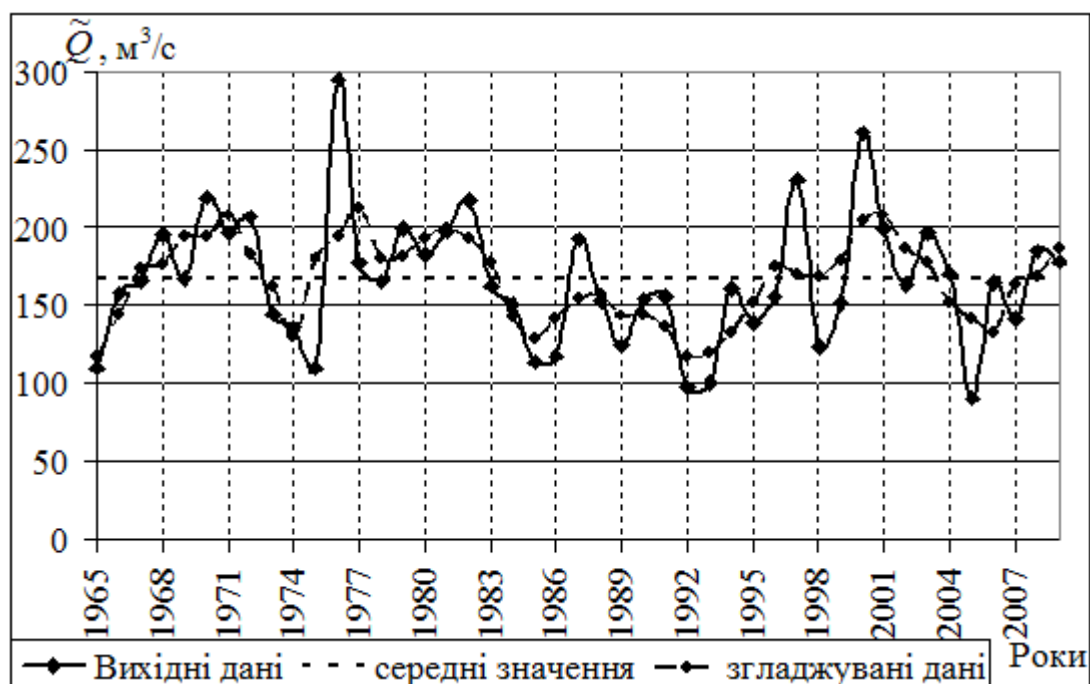


Рис. А.29 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Тиса – м. Хуст

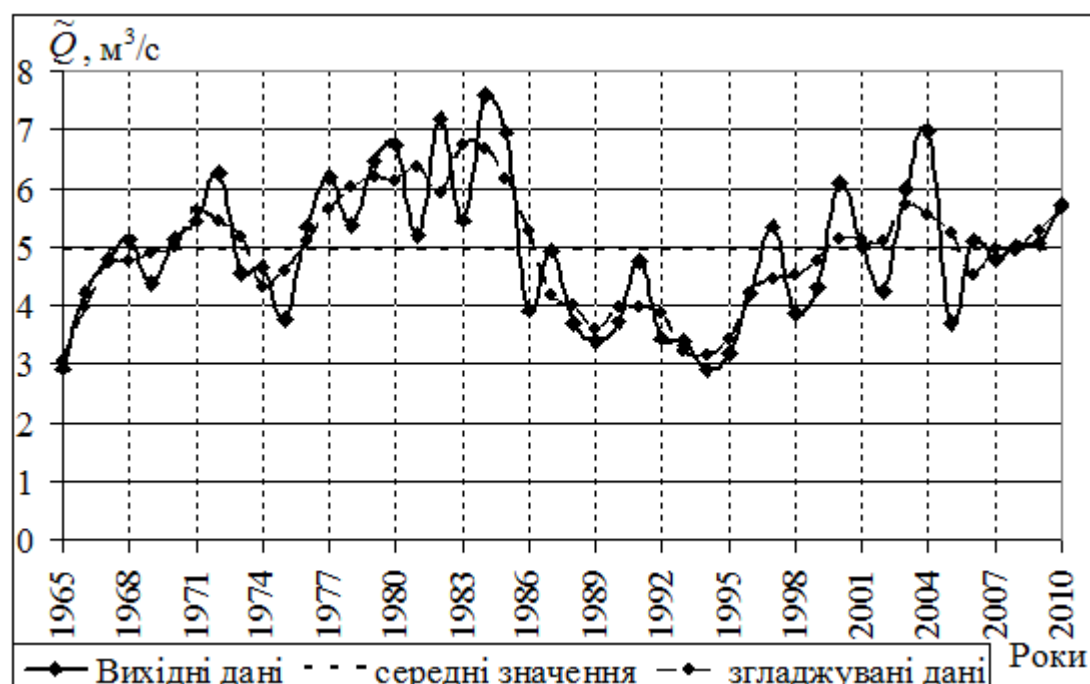


Рис. А.30 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Ч. Тиса – смт Ясиня

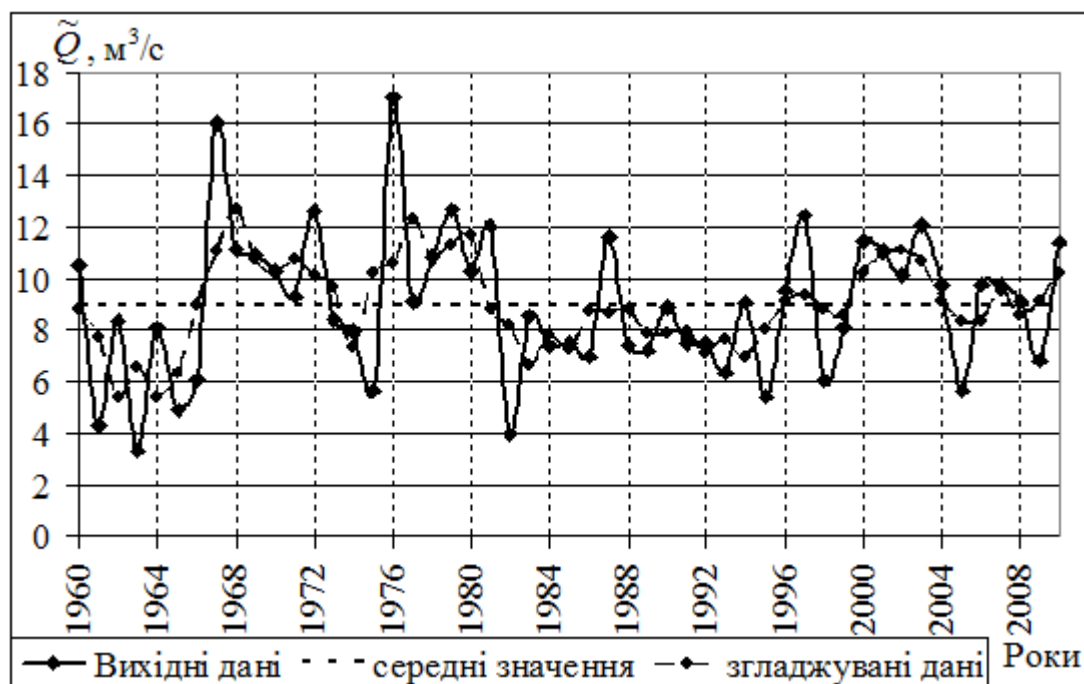


Рис. А.31 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Тур'я – с. Симер

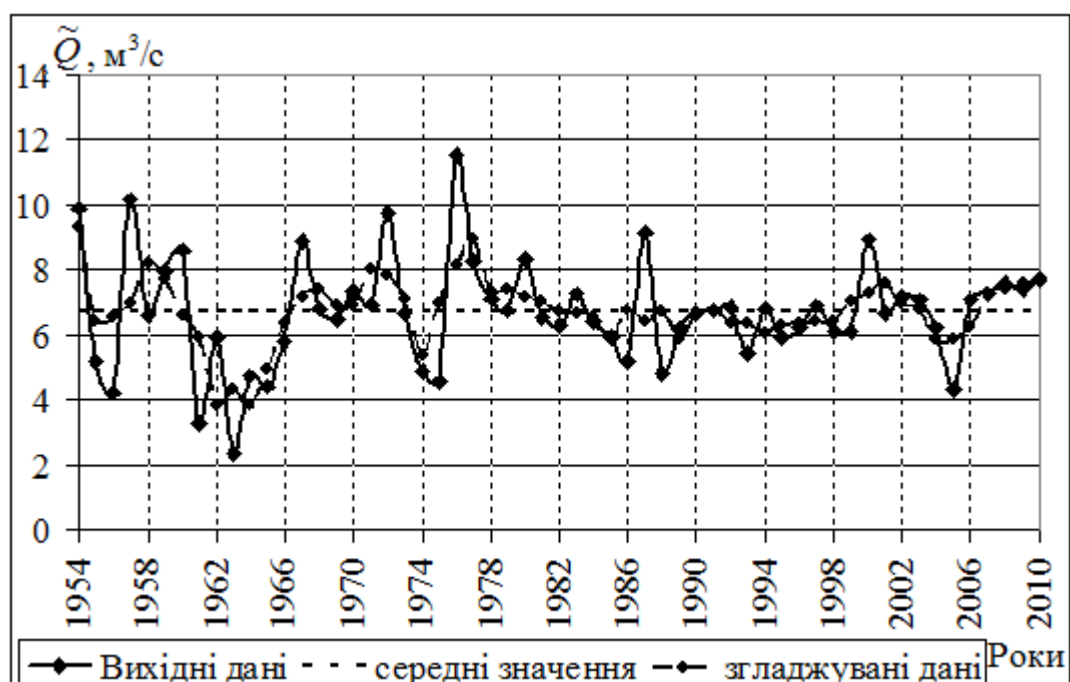


Рис. А.32 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Уж – с. Жорнава

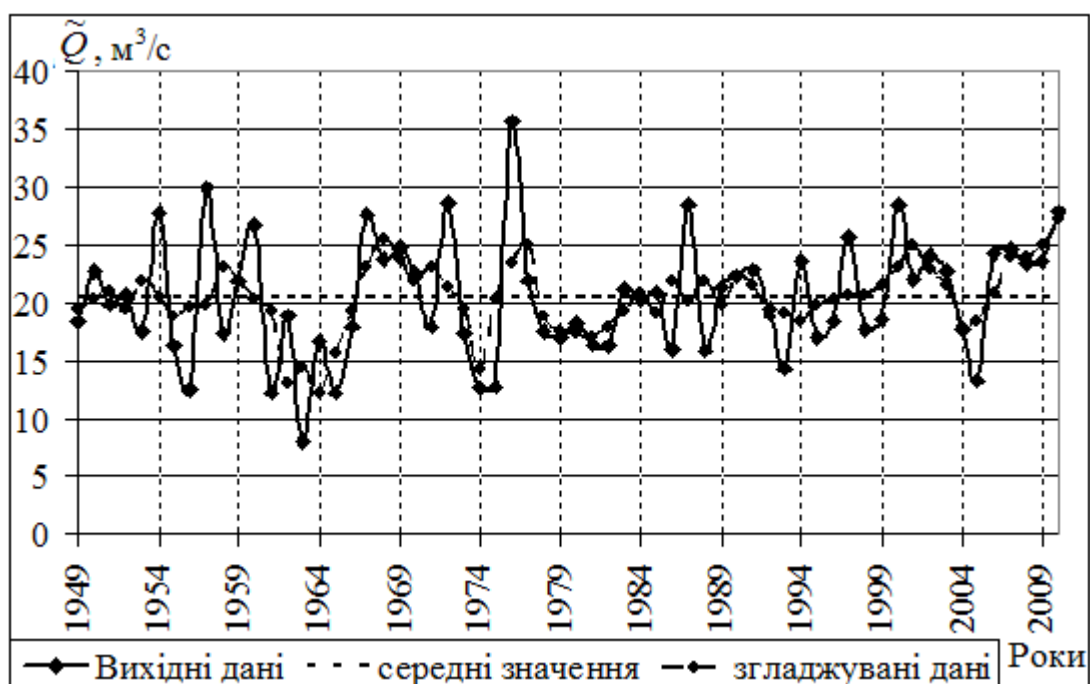


Рис. А.33 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Уж – с. Зарічєве

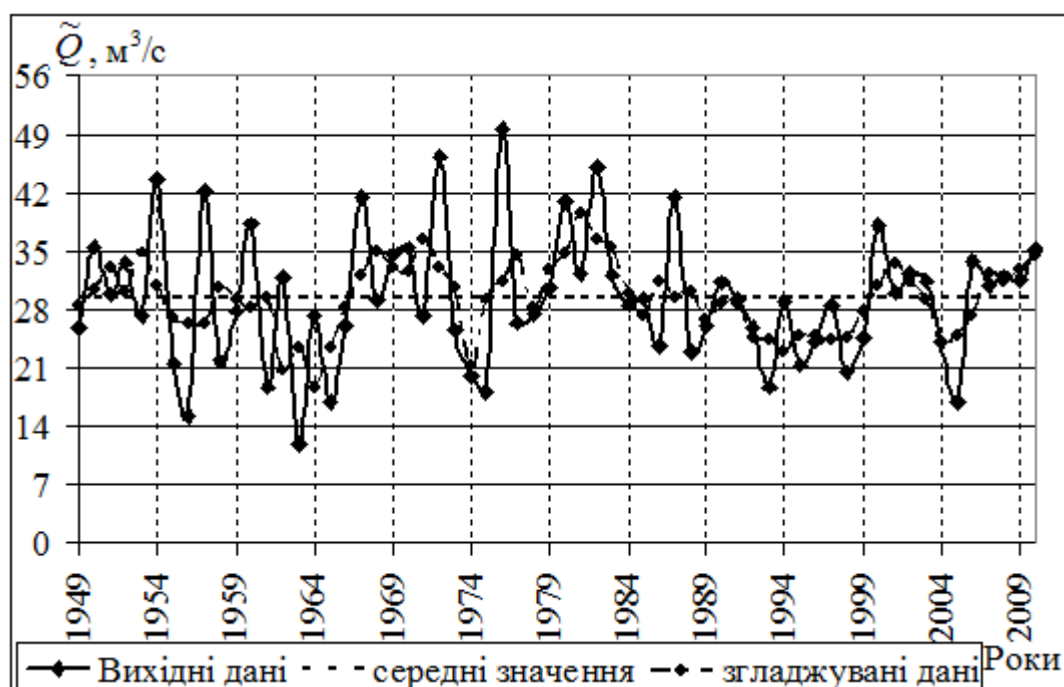


Рис. А.34 Графік хронологічного ходу річного стоку
р. Уж – м. Ужгород

Додаток Б

Різницеві інтегральні криві модульних коефіцієнтів річного стоку

$$\sum(K_i - 1)$$

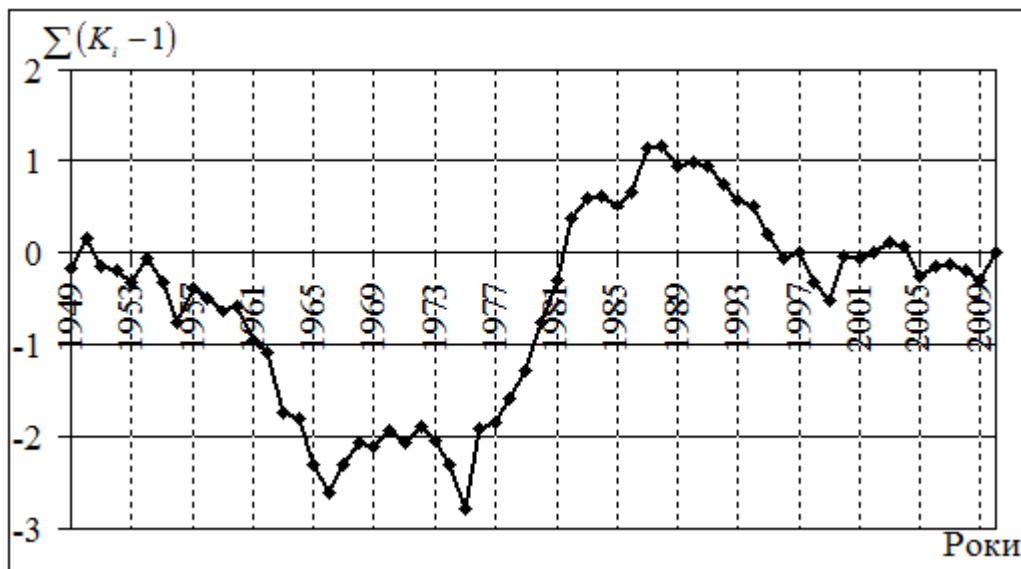


Рис. Б.1 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Боржава – с. Довге

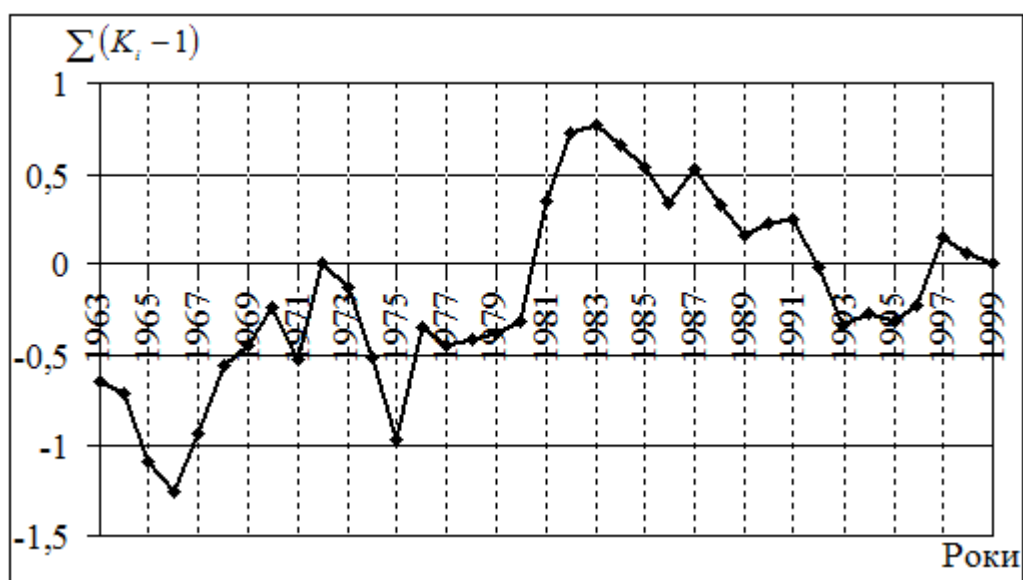


Рис. Б.2 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Боржава – с. Шаланки

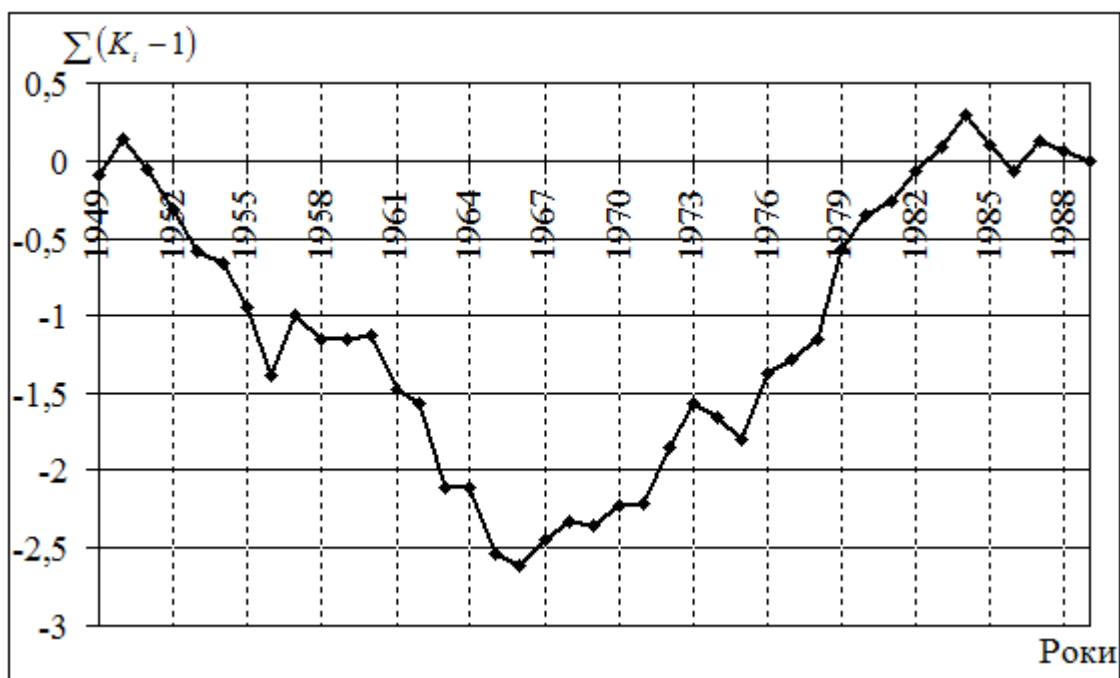


Рис. Б.3 Різницєва інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Брустуранка – с. Лопухів

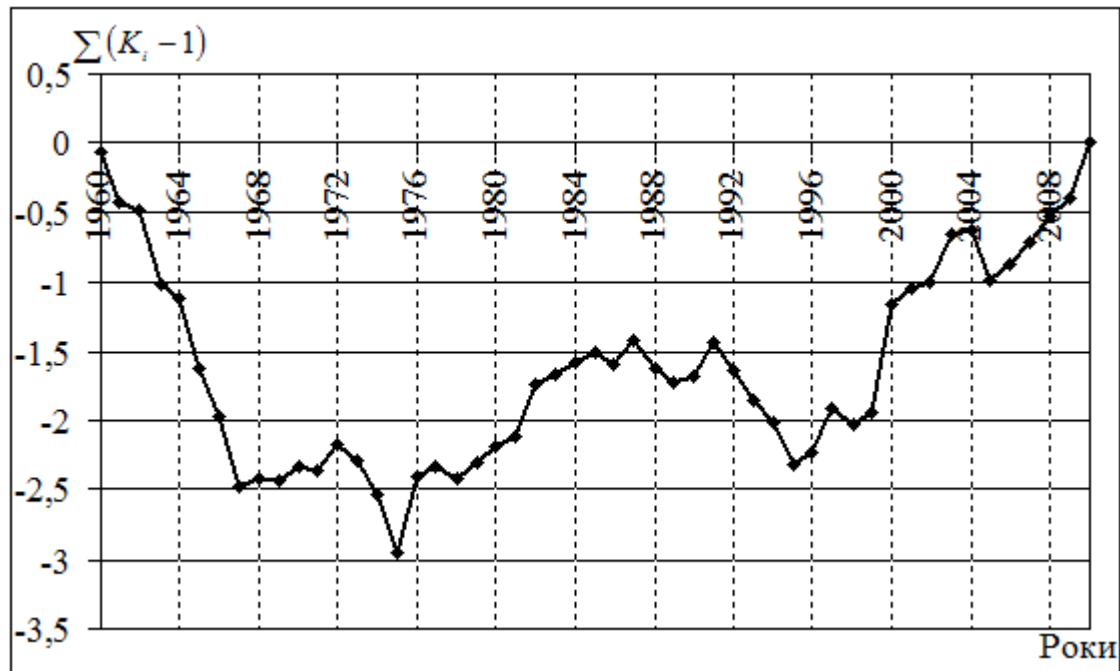


Рис. Б.4 Різницєва інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Веча – с. Неліпіне

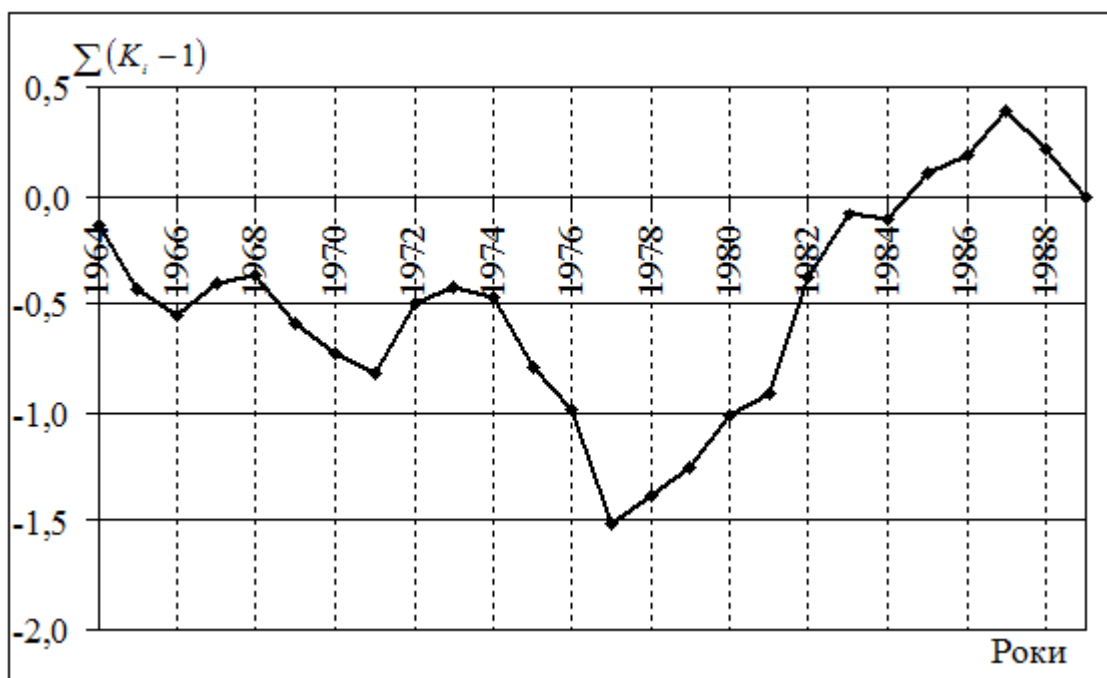


Рис. Б.5 Різницеві інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я

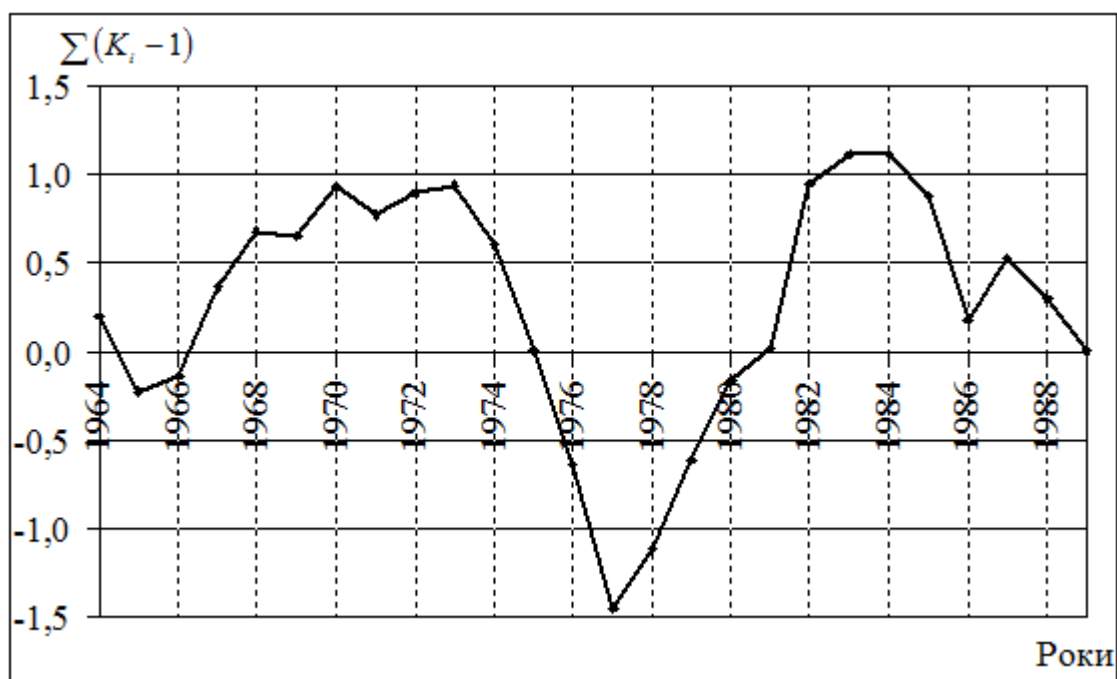


Рис. Б.6 Різницеві інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку стр. Йойківець – смт Міжгір'я

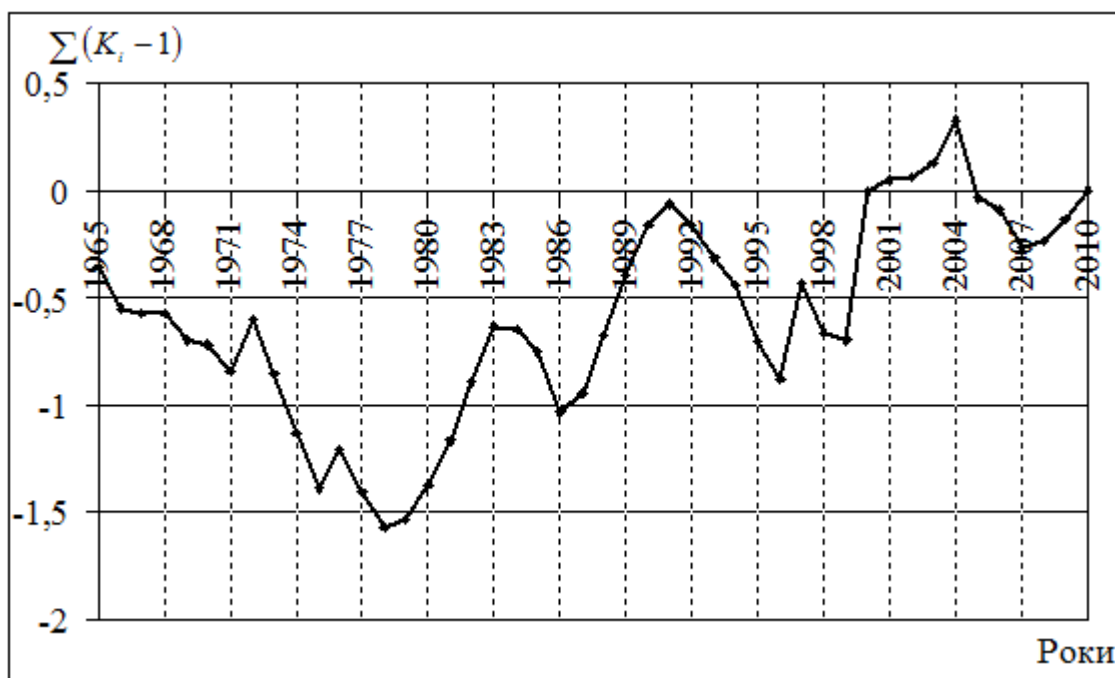


Рис. Б.7 Різницєва інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Косовська - с. Косовська Поляна

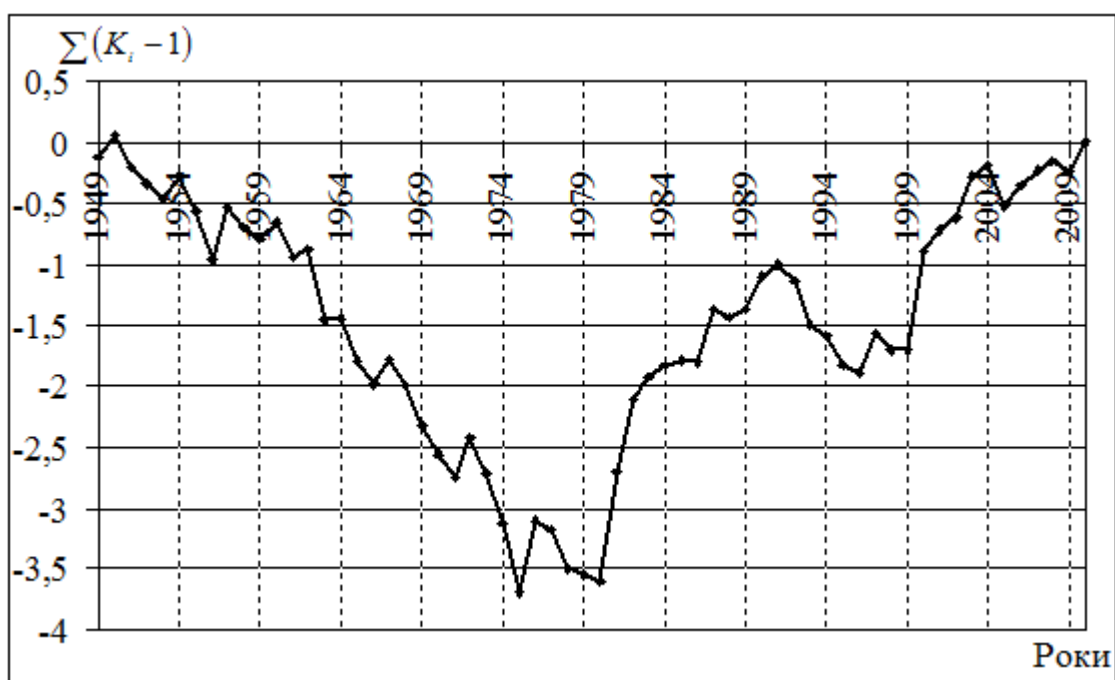


Рис. Б.8 Різницєва інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Латориця – м. Мукачеве

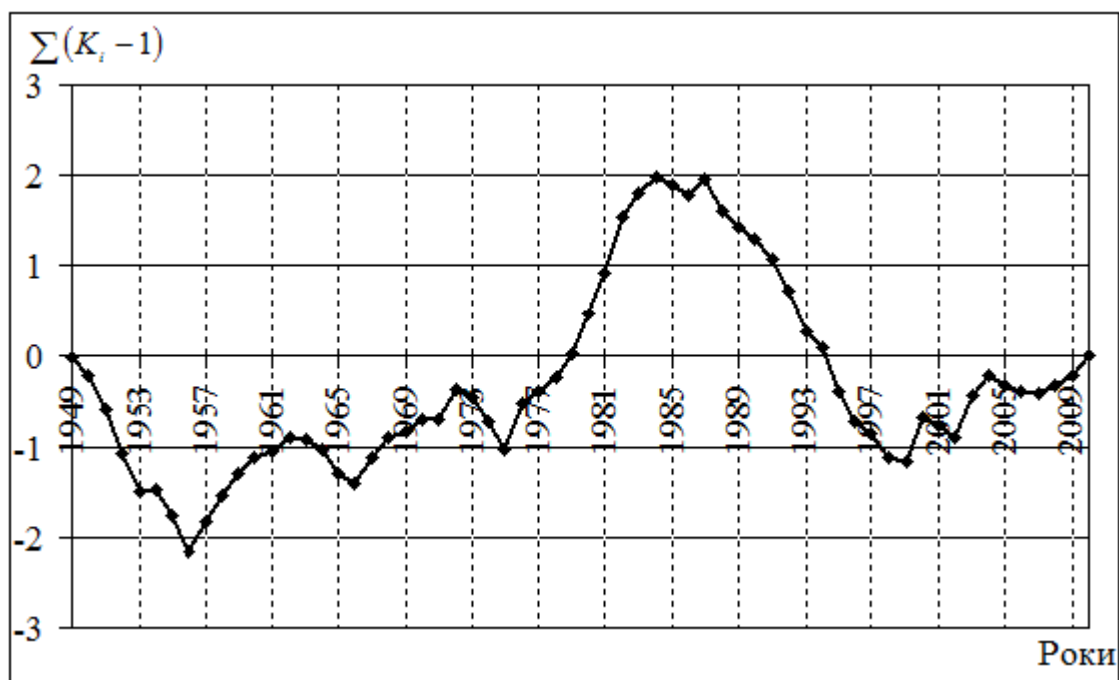


Рис. Б.9 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Латориця – с. Підполоззя

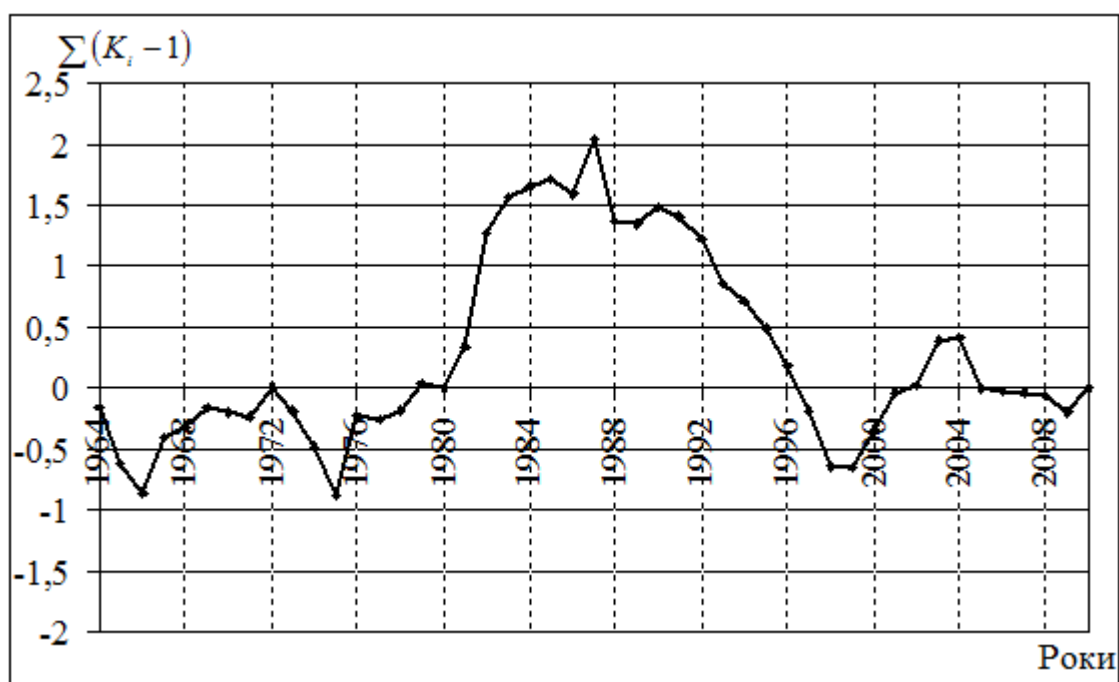


Рис. Б.10 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Латориця – м. Свалява

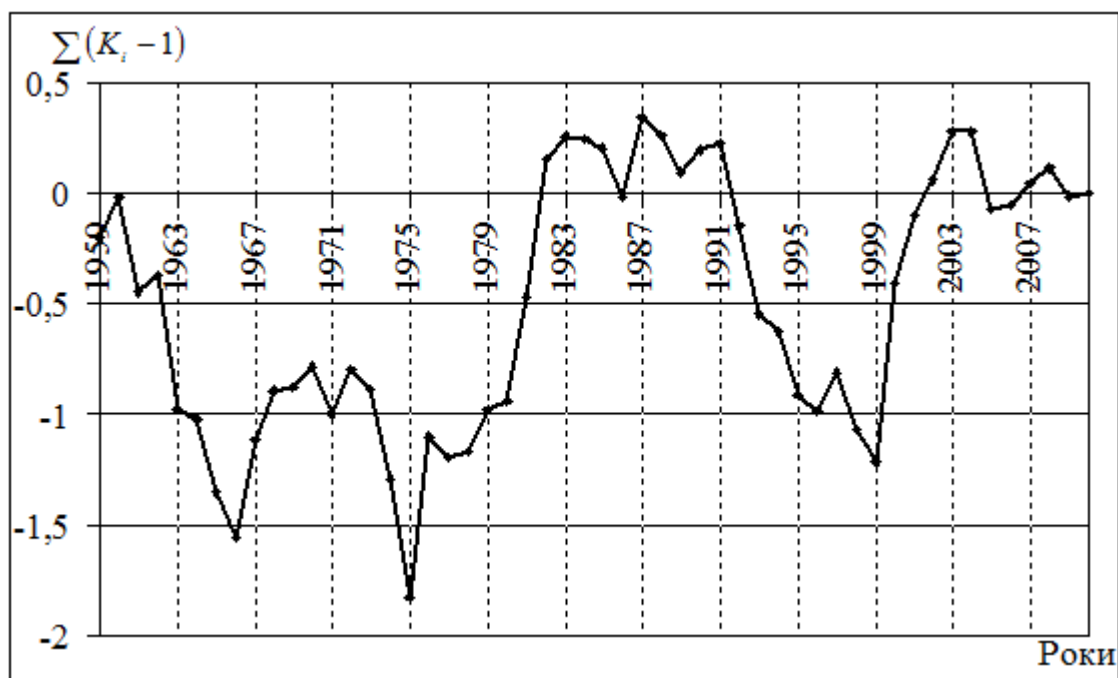


Рис. Б.11 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Латориця – м. Чоп

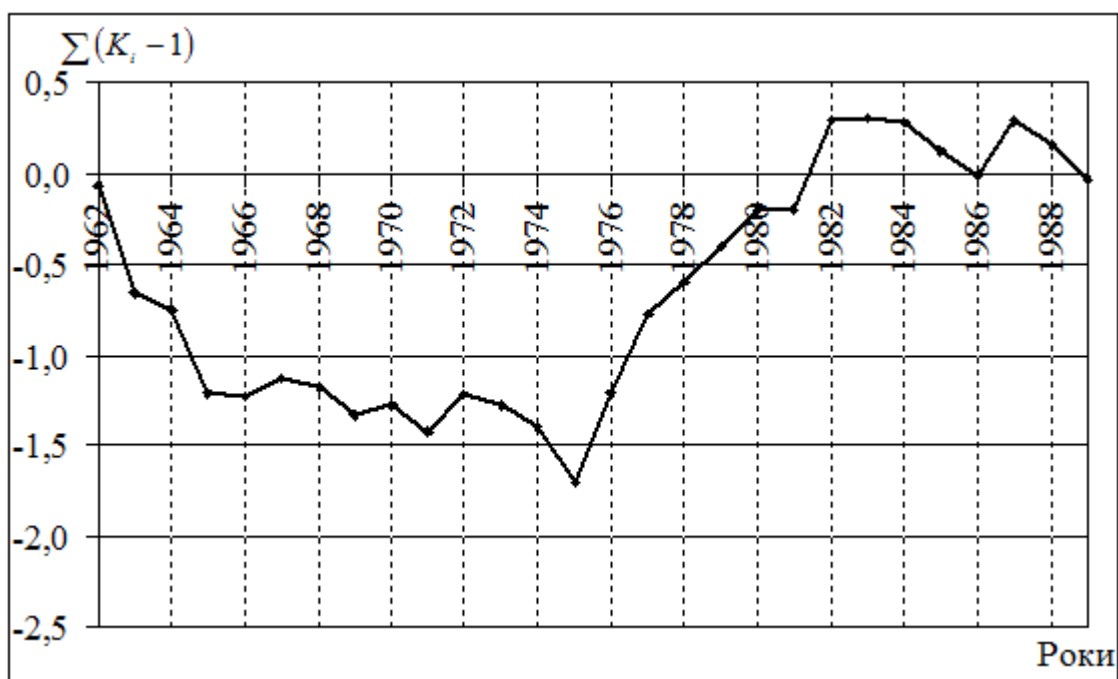


Рис. Б.12 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Лопушна – с. Лопушне

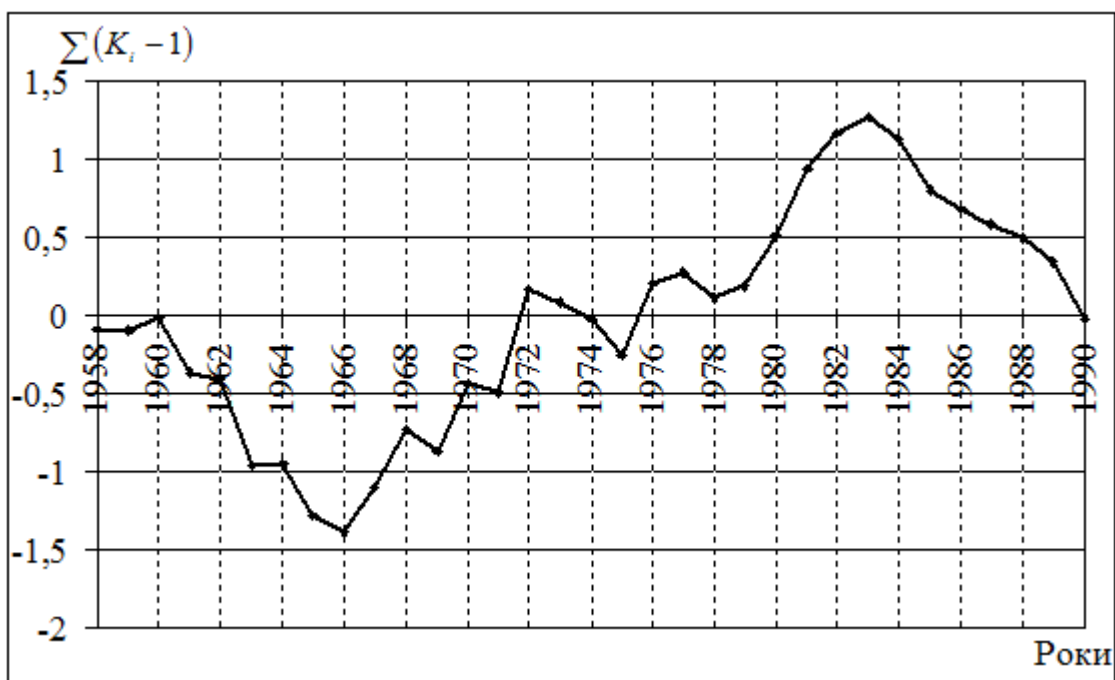


Рис. Б.13 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Лужанка – с. Нересниця

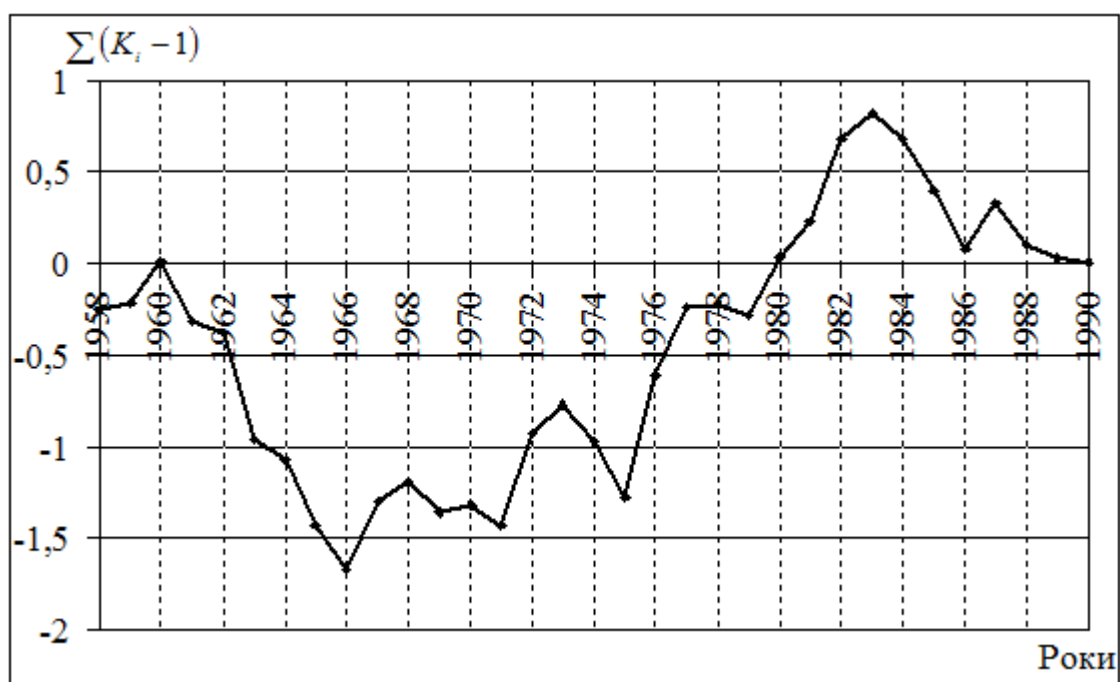


Рис. Б.14 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Люта – с. Чорноголова

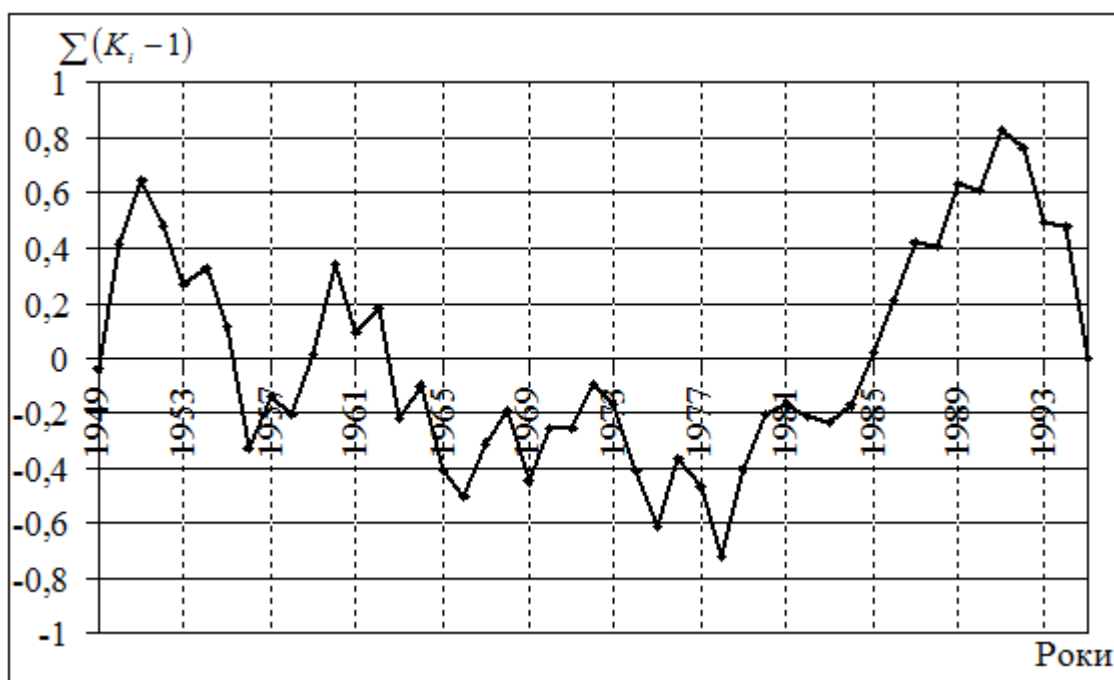


Рис. Б.15 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Мокранка – с. Руська Мокра

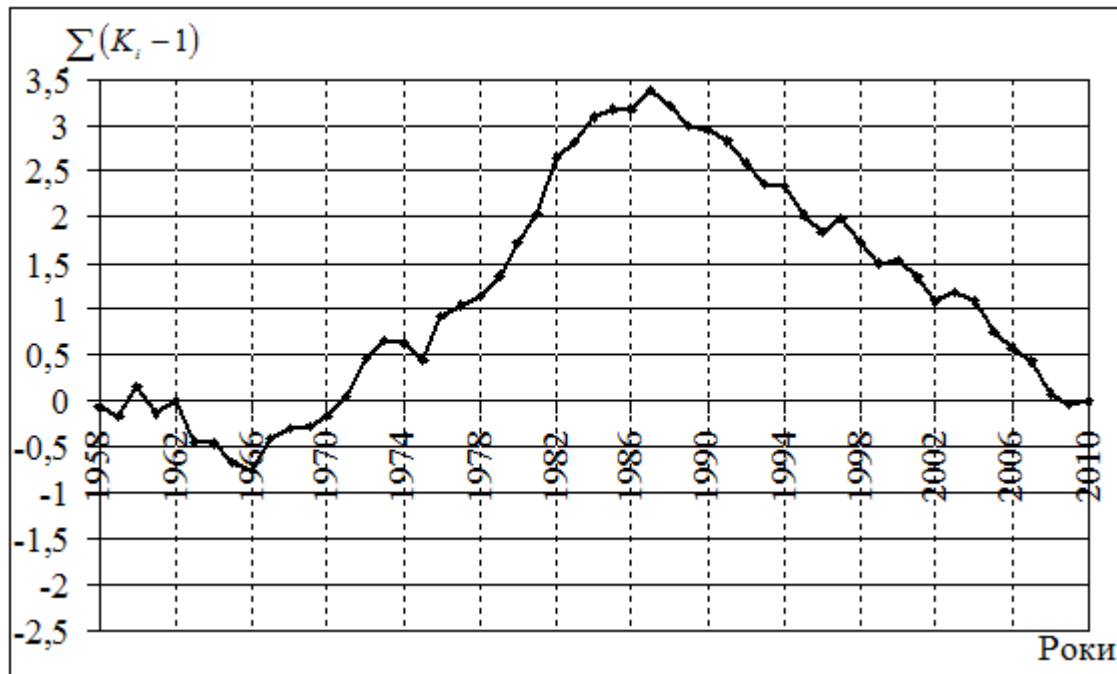


Рис. Б.16 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Пилипець – с. Пилипець

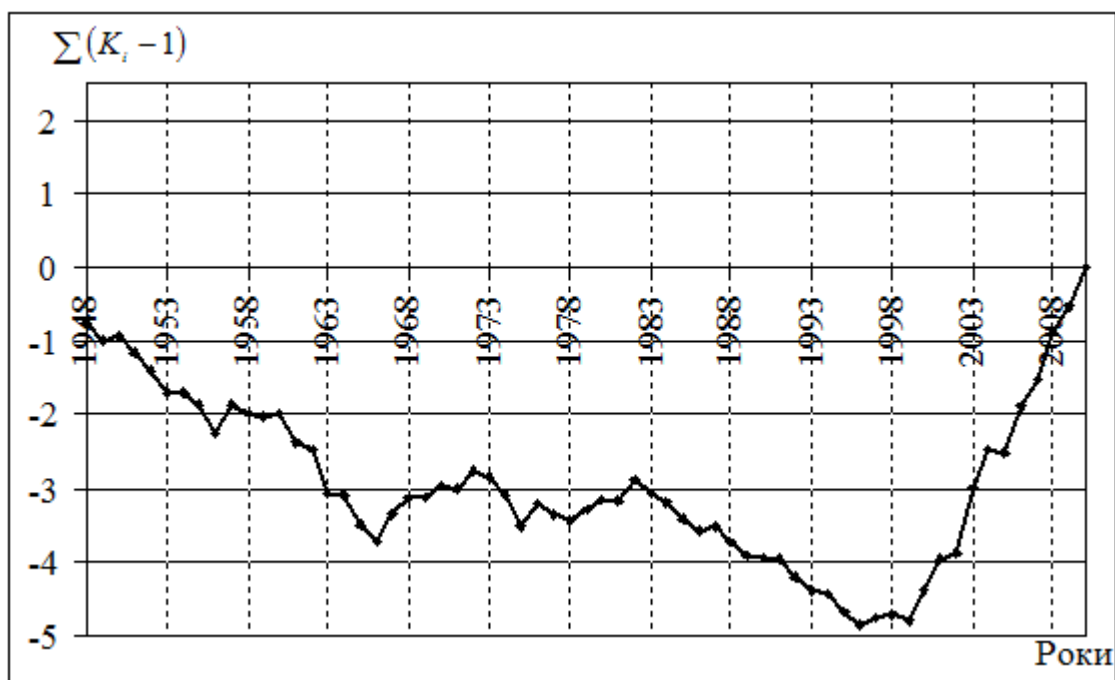


Рис. Б.17 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Репінка – с. Репіне

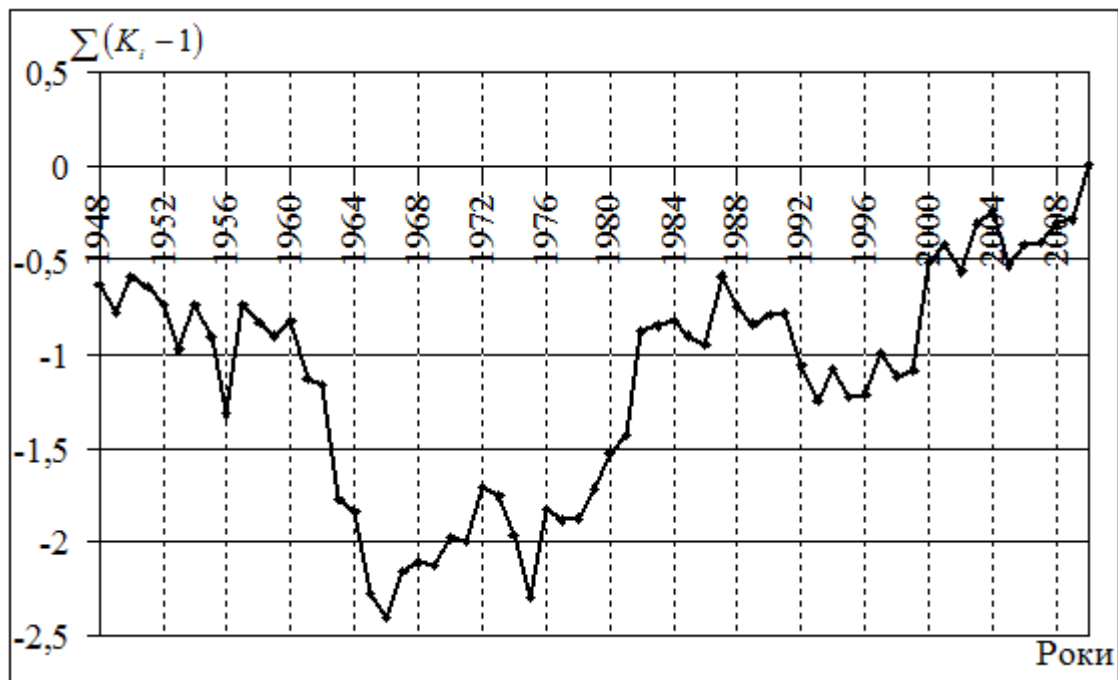


Рис. Б.18 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Ріка – смт Міжгір'я

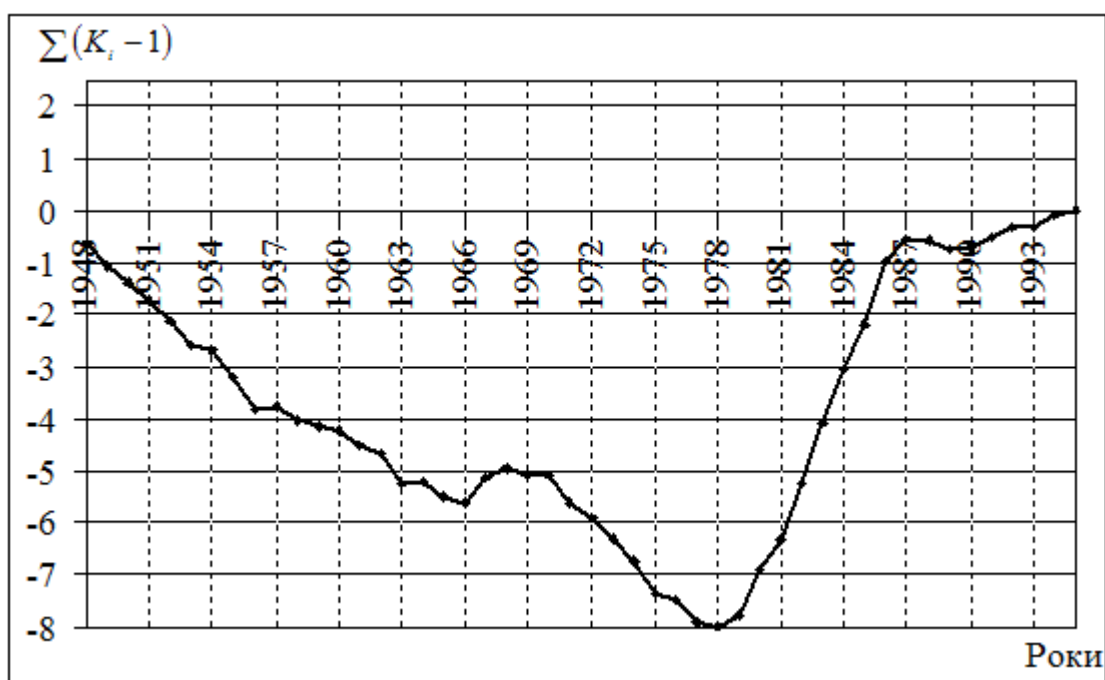


Рис. Б.19 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Ріка – м. Хуст

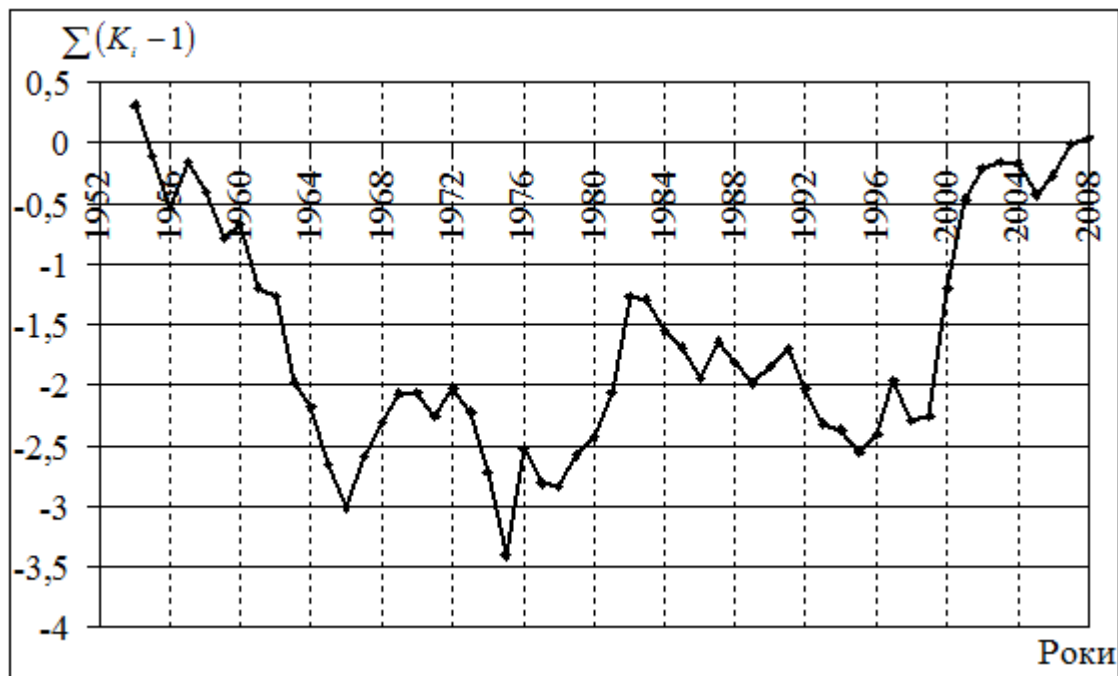


Рис. Б.20 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Стара – с. Зняцеве

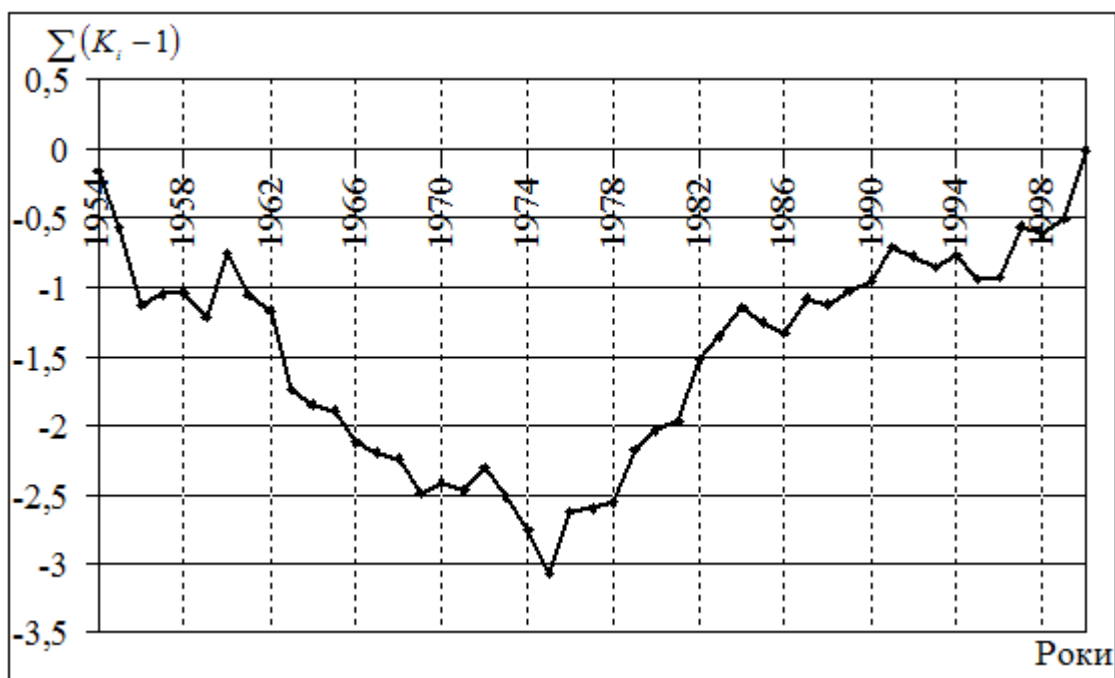


Рис. Б.21 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Терєбля – с. Колочава

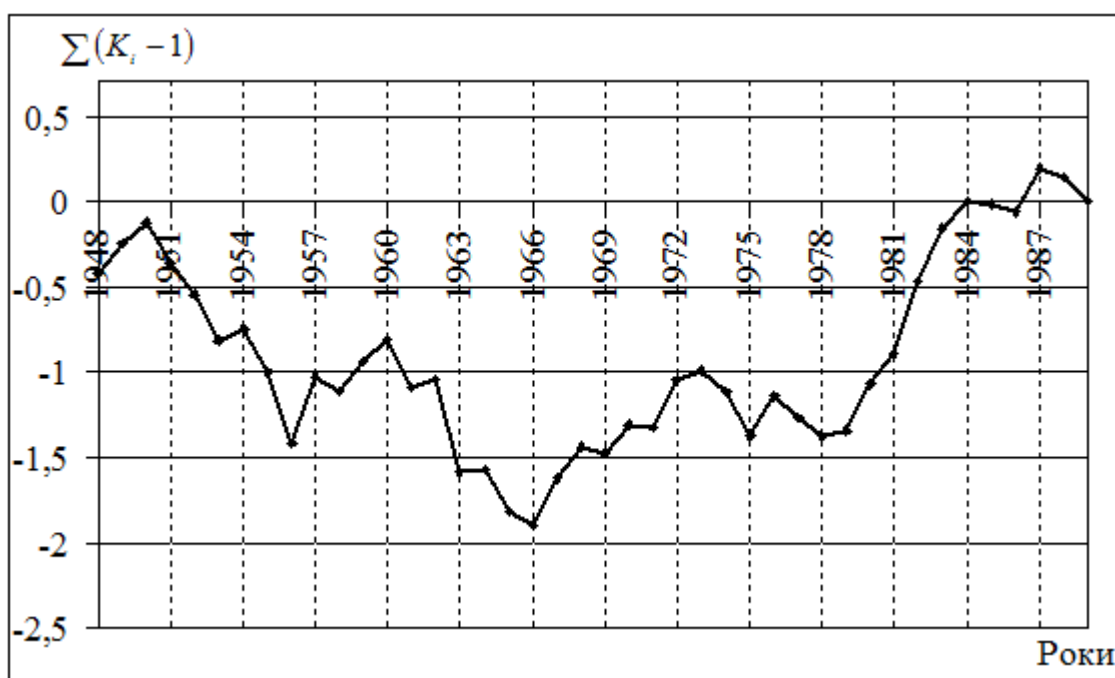


Рис. Б.22 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Терєсва – смт Дубове

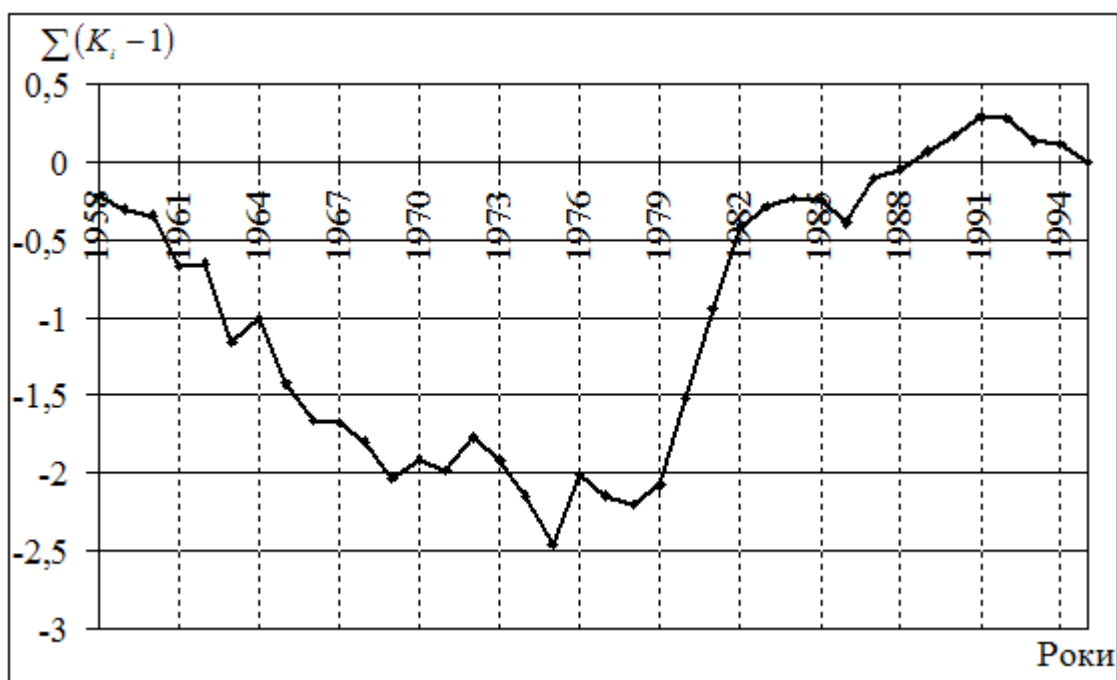


Рис. Б.23 Різницеві інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Тересва – с. Нересниця

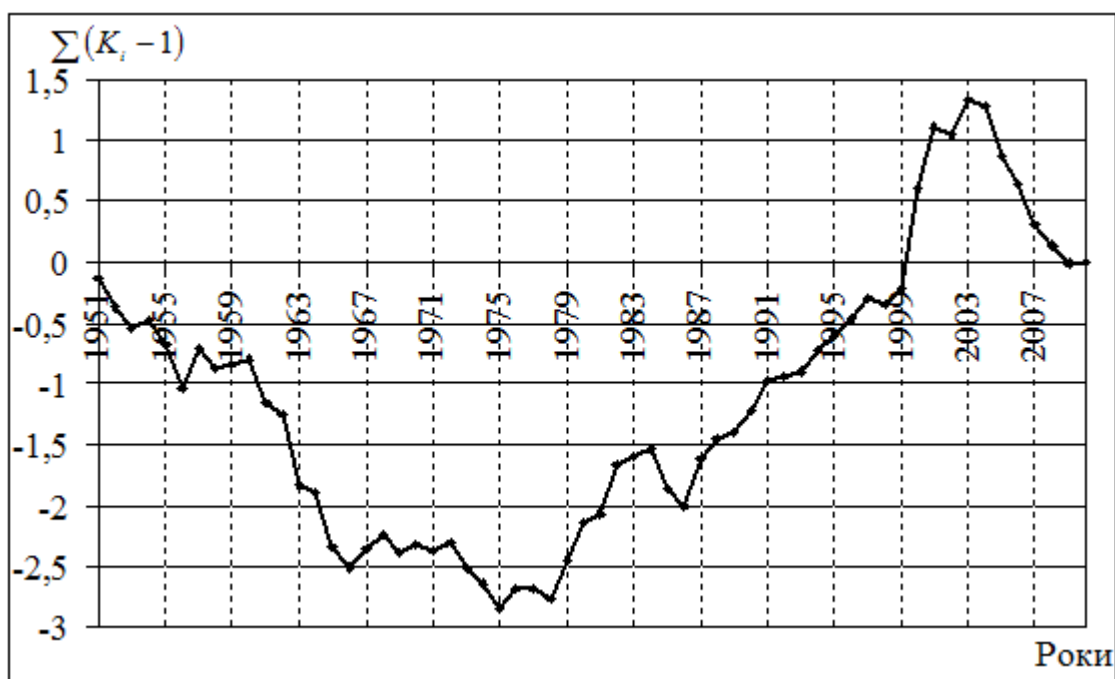


Рис. Б.24 Різницеві інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Тересва – смт Усть-Чорна

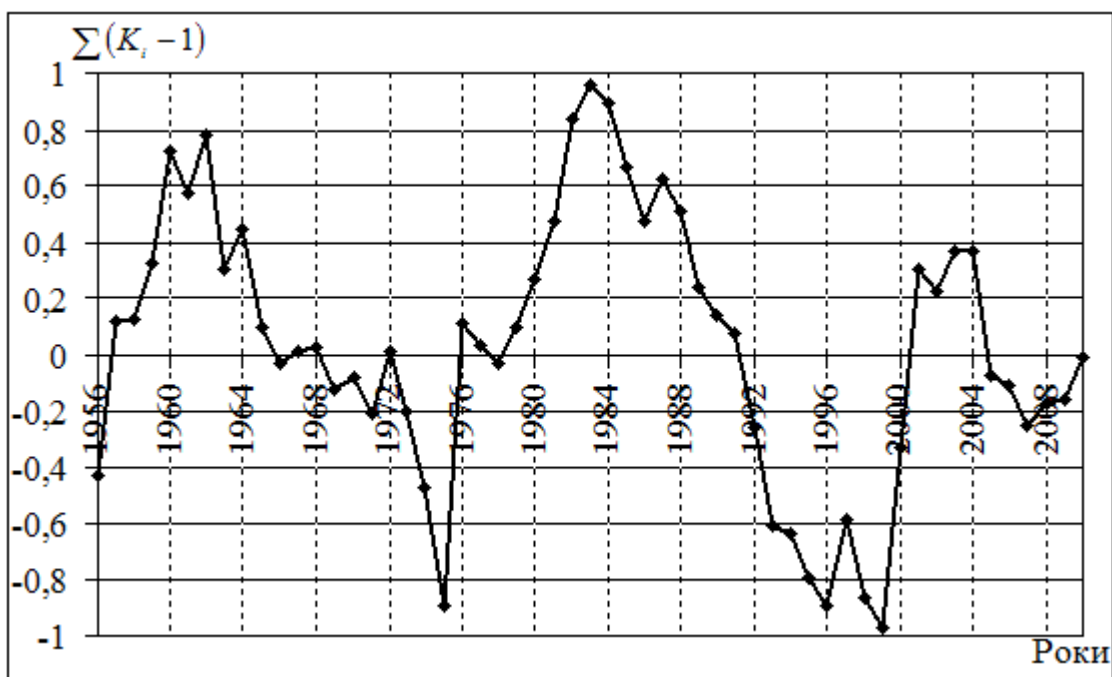


Рис. Б.25 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Тиса – смт Вилोक

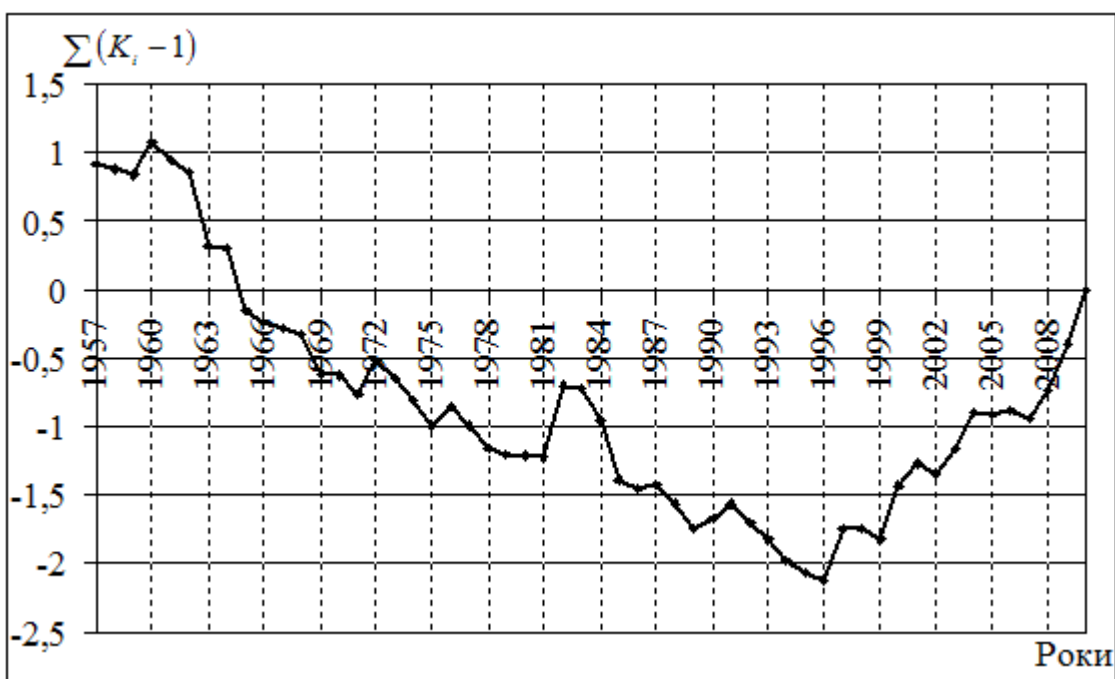


Рис. Б.26 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Біла Тиса – м. Луги

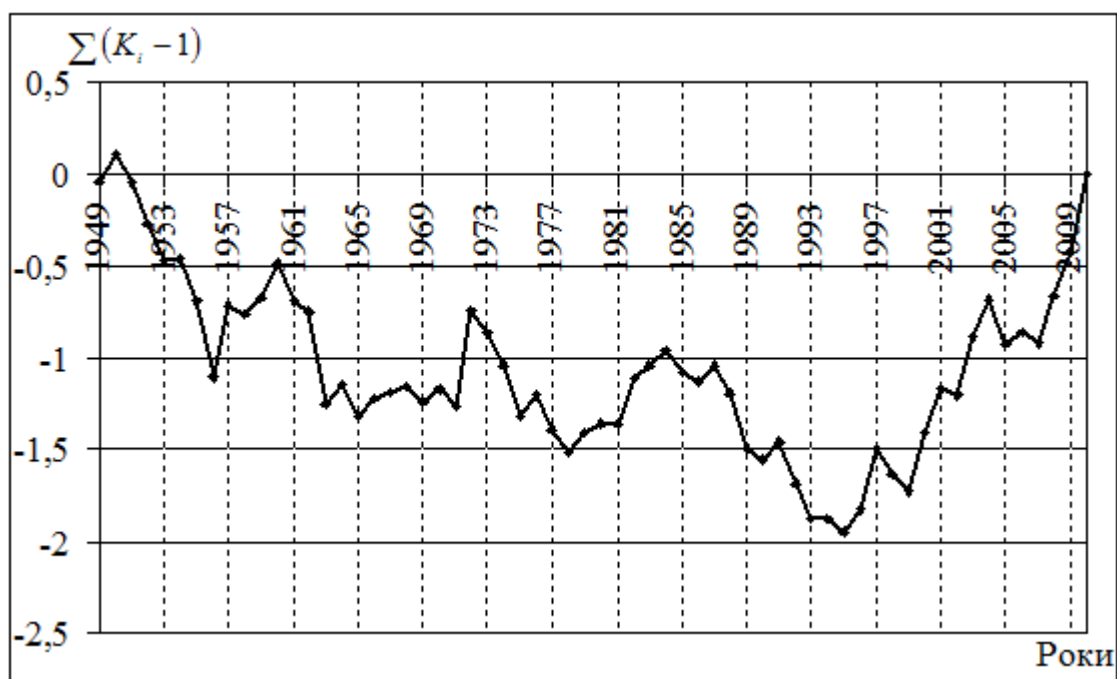


Рис. Б.27 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Тиса – м. Рахів

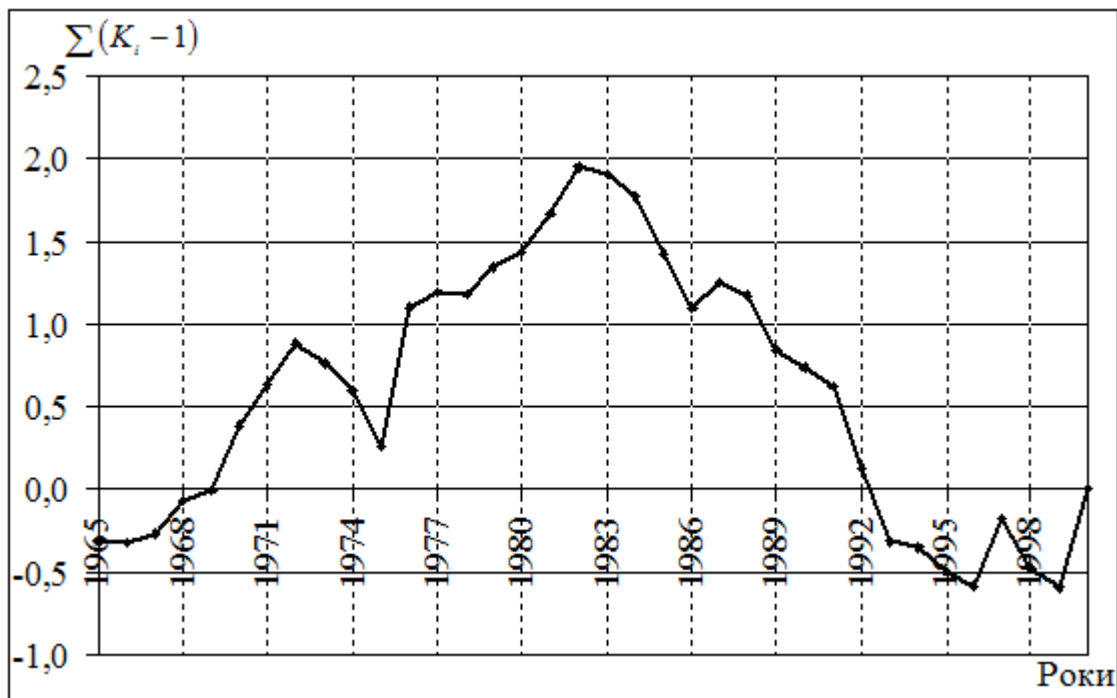


Рис. Б.28 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Тиса – м. Тячів

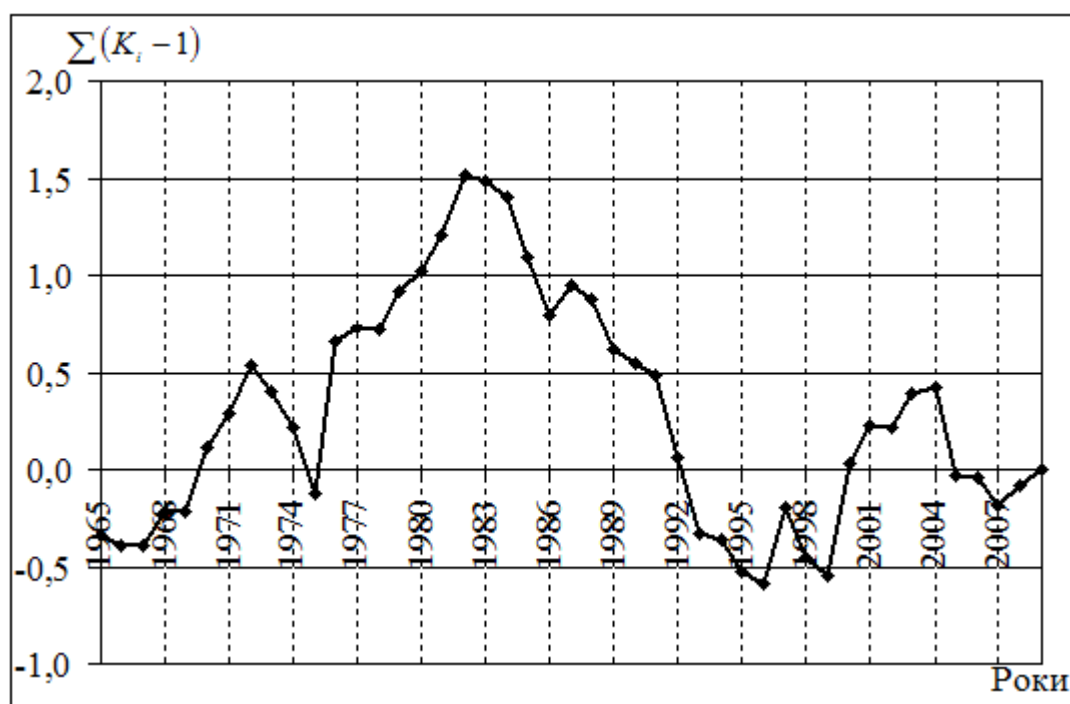


Рис. Б.29 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Тиса – м. Хуст

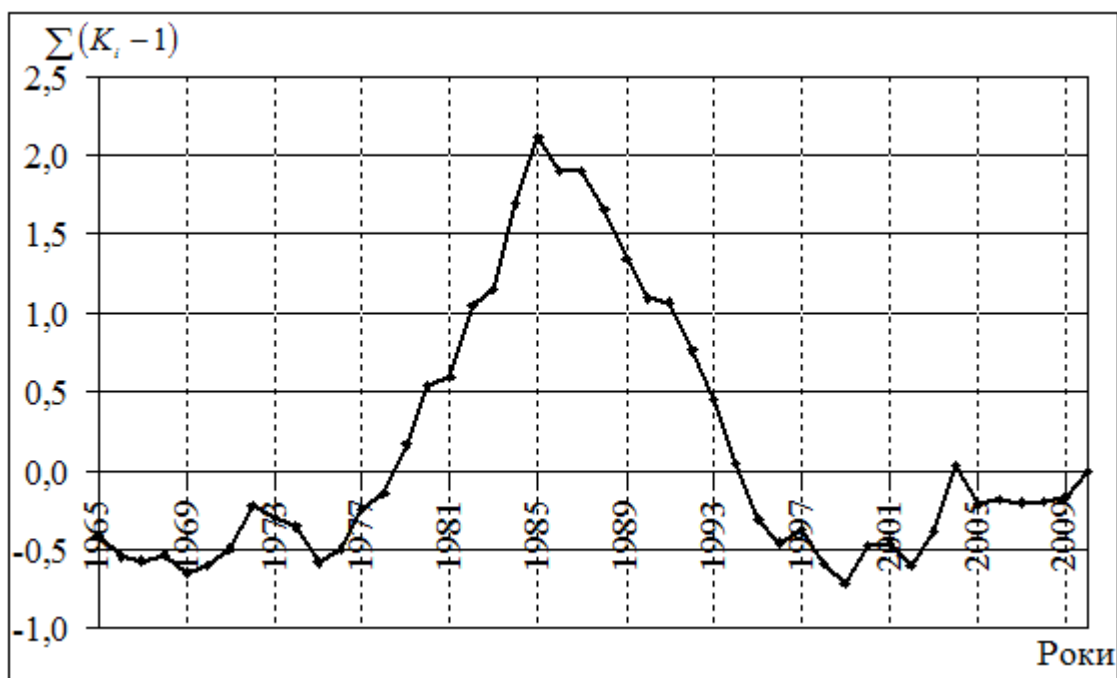


Рис. Б.30 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Ч. Тиса – смт Ясиня

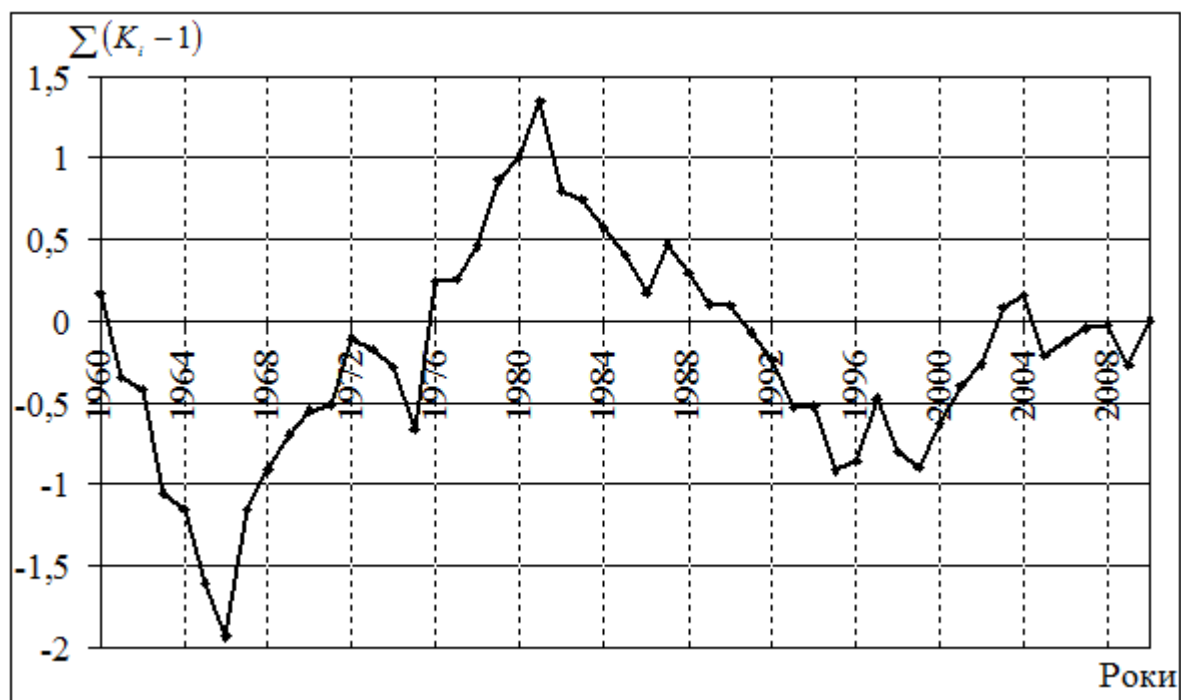


Рис. Б.31 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Тур'я – с. Симер

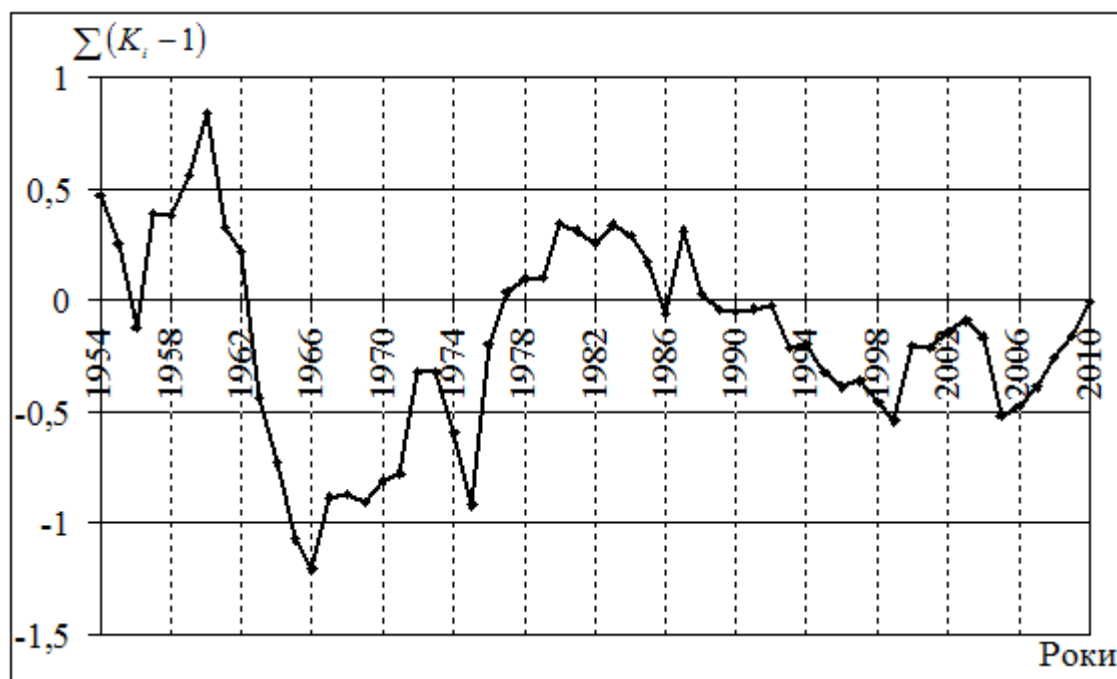


Рис. Б.32 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів
річного стоку р. Уж – с. Жорнава

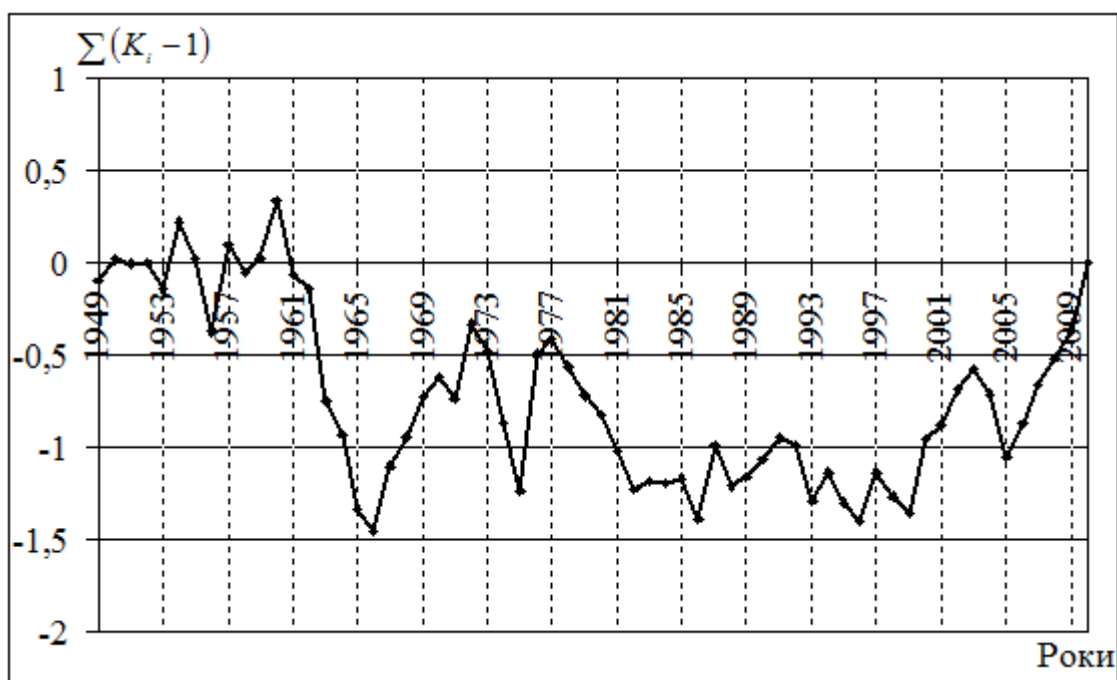


Рис. Б.33 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Уж – с. Зарічеве

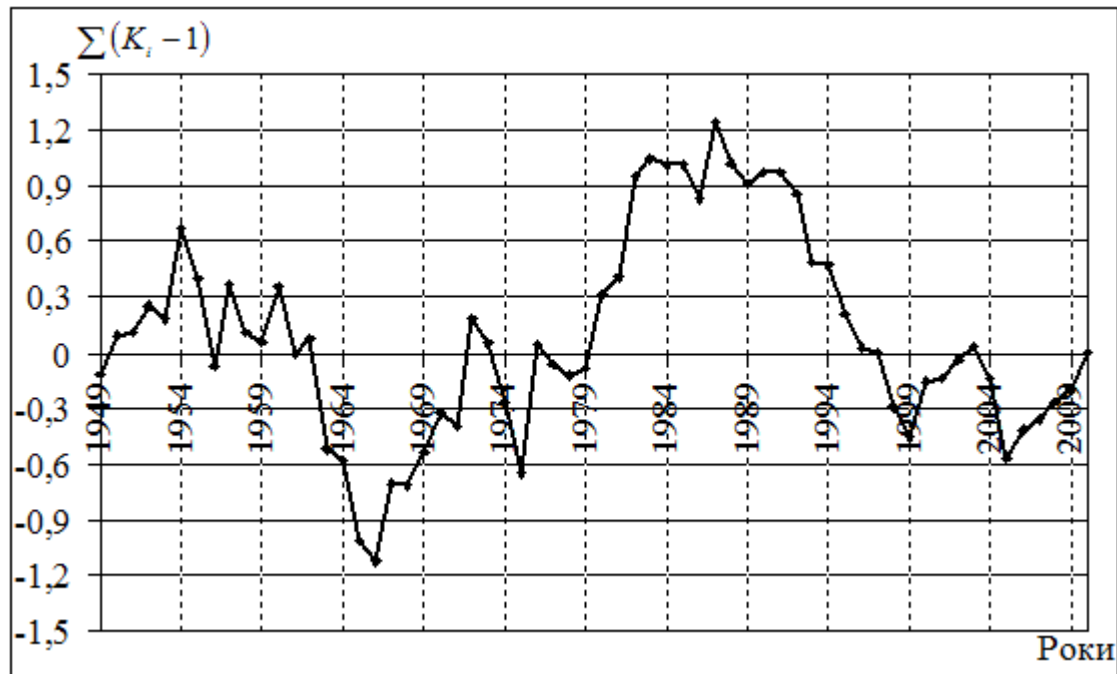


Рис. Б.34 Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів річного стоку р. Уж – м. Ужгород

Додаток В

Хронологічні зміни напрямів коливань водності по згладжених (за 3-х річчями) рядах річного стоку на території Закарпаття та з урахуванням циклічності, встановленої за допомогою різницевих інтегральних кривих річного стоку

№ п/п	Річка-пост	к-ть років	F км ²	Роки	Ц И К Л И						
					баг.	мал.	баг.	мал.	баг.	мал.	баг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	р. Боржава – с. Довге	62	408	1948-2010		49-75	75-88	88-99	99-2010		
2	р. Боржава – с. Шаланки	37	1100	1963-2000		63-66	66-72	72-75	75-83	83-93	93-2000
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	41	257	1949-1989		49-66	66-89				
4	р. Веча – с. Неліпіне	51	241	1960-2010		60-75	75-91	91-95	95-2010		
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	26	0,28	1964-1989		64-77	77-89				
6	стр. Йойковець – смт Міжгір'я	26	0,39	1964-1989	64-73	73-77	77-84	84-89			
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	46	122	1965-2010		65-78	78-91	91-96	96-2004	2004-2007	2007-2010
8	р. Латориця – м. Мукачеве	62	1360	1949-2010		49-75	75-2010				
9	р. Латориця – с. Підполоззя	62	324	1949-2010		49-56	56-84	84-99	99-2010		

Продовження дод. В

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	р. Латориця – м. Свалява	47	680	1964-2010		64-75	75-87	87-99	99-2010		
11	р. Латориця – м. Чоп	52	2870	1959-2010		59-66	66-72	72-75	75-87	87-99	99-2010
12	р. Лопушна – с. Лопушне	28	37,3	1962-1989		62-75	75-89				
13	р. Лужанка – с. Нересниця	37	149	1958-1990	58-60	60-66	66-83	83-90			
14	р. Люта – с. Чорноголова	33	169	1958-1990	58-60	60-66	66-83	83-90			
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	47	214	1949-1995	49-51	51-78	78-91	91-95			
16	р. Пилипець – с. Пилипець	43	44,2	1958-2010	58-60	60-66	66-87	87-2010			
17	р. Репінка – с. Репіно	63	203	1948-2010		48-96	96-2010				
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	63	550	1948-2010		48-75	75-2010				
19	р. Ріка – м. Хуст	48	1130	1948-1995		48-78	78-95				
20	р. Стара – с. Зняцево	57	224	1954-2010		54-75	75-82	82-95	95-2010		
21	р. Теремля – с. Колочава	47	369	1954-2000		54-75	75-2000				
22	р. Тересва – смт Дубове	42	757	1948-1989		48-66	66-89				
23	р. Тересва – с. Нересниця	38	1100	1958-1995		58-75	75-95				

Продовження дод. В

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	60	572	1951-2010		51-75	75-2003	2003-2010			
25	р. Тиса – смт Вілок	55	9140	1956-2010	56-62	62-75	75-83	83-99	99-2004	2004-2010	
26	р. Біла Тиса – м. Луги	54	189	1957-2010		57-96	96-2010				
27	р. Тиса – м. Рахів	62	1070	1949-2010		49-95	95-2010				
28	р. Тиса – м. Тячів	36	6470	1965-2000	65-82	82-2000					
29	р. Тиса – м. Хуст	45	7690	1965-2009	65-82	82-99	99-2004	2004-2009			
30	р. Ч. Тиса – смт Ясіня	46	194	1965-2010	65-85	85-2010					
31	р. Тур'я – с. Сімер	51	464	1960-2010		60-66	66-81	81-95	95-2010		
32	р. Уж – с. Жорнава	57	286	1954-2010	54-60	60-66	66-80	80-2010			
33	р. Уж – с. Зарічево	62	1280	1949-2010		49-66	66-72	72-96	96-2010		
34	р. Уж – м. Ужгород	62	1970	1949-2010	49-54	54-66	66-87	87-2010			

Додаток Д

Приведені до умовної висоти водозборів $H_{сер} = 1000$ м модулі середнього річного стоку $\bar{q}_{H=1000}$ у Закарпатті

№ з/п	Річка-пост	F , км ²	$H_{сер}$, м	$(H_{сер} - 1000)$, м	$\bar{q}$, дм ³ / (с·км ²)	$\bar{q}_{H=1000}$, дм ³ / (с·км ²)	φ° п. ш.	f_l , %	$\lg(f_l + 1)$	$\bar{X}$, мм	$\bar{X} / 1000$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	р. Боржава – с. Довге	408	620	-380	27,4	37,3	48,5	71	1,86	1060	1,06
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	470	-530	18,72	32,5	48,4	54	1,74	1040	1,04
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	1100	100	34,28	31,7	48,4	77	1,89	1200	1,2
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	760	-240	28,38	34,6	48,6	72	1,86	1040	1,04
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	0,28	550	-450	8,89	20,6	48,5	-	-	1150	1,15
6	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	0,39	630	-370	16,79	26,4	48,5	92,3	1,97	1170	1,17
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	1060	60	38,11	36,6	48,8	83	1,92	1030	1,03
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	570	-430	19,43	30,6	48,6	63	1,81	1090	1,09
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	720	-280	30,34	37,6	48,8	50	1,71	1010	1,01
10	р. Латориця – м. Свалява	680	700	-300	21,82	29,6	48,8	61	1,79	1060	1,06
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	310	-690	12,57	30,5	48,6	41	1,62	1070	1,07
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	897	-103	25,50	28,2	48,6	78,4	1,90	1200	1,2
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	770	-230	29,50	35,5	48,3	65	1,82	1250	1,25

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	700	-300	24,85	32,7	48,9	80	1,91	950	0,95
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	1100	100	38,83	36,2	48,4	80	1,91	1220	1,22
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	820	-180	33,71	38,4	48,8	29	1,48	1035	1,04
17	р. Репінка – с. Репіне	203	780	-220	29,51	35,2	48,6	22	1,36	1040	1,04
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	550	800	-200	25,29	30,5	48,6	41	1,62	1050	1,05
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	680	-320	34,71	43,0	48,4	52	1,72	1160	1,16
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	300	-700	10,13	28,3	48,5	42	1,63	860	0,86
21	р. Тересва – с. Колочава	369	1000	0	39,78	39,8	48,5	67	1,83	1250	1,25
22	р. Тересва – смт Дубове	757	1000	0	33,2	33,2	48,4	76	1,89	1205	1,21
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	930	-70	31,29	33,1	48,4	72	1,86	1200	1,2
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	1100	100	32,69	30,1	48,4	77	1,89	1190	1,19
25	р. Тиса – смт Вилок	9140	-	-	23,49	-	48,3	55	1,75	1280	1,28
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	1200	200	27,62	22,4	48,1	77	1,89	810	0,81
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	1100	100	24,06	21,5	48,2	68	1,84	930	0,93
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	-	-	21,28	-	48,2	-	-	1205	1,21
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	870	-130	21,59	25,0	48,2	56	1,76	1240	1,24
30	р. Ч. Тиса – смт Ясиня	194	1000	0	25,41	25,4	48,3	75	1,88	870	0,87

Продовження дод. Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
31	р. Тур'я – с. Симер	464	540	-460	19,33	31,3	48,8	61	1,79	950	0,95
32	р. Уж – с. Жорнава	286	670	-330	23,5	32,1	49,0	45	1,66	1040	1,04
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	560	-440	15,94	27,4	48,8	54	1,74	970	0,97
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	530	-470	14,89	27,1	48,8	57	1,76	890	0,89

Додаток Ж

Перевірочні розрахунки норм річного стоку на території Закарпаття за методикою, що запропонована у дисертаційній роботі

№ з/п	Річка-пост	F , км ²	$H_{сер}$, м	$\bar{q}$, дм ³ /(с·км ²)	$(\bar{q}_{H=1000})_{карт}$, дм ³ /(с·км ²)	k_H	k_F	$\bar{q}_{розр}$, дм ³ /(с·км ²)	$\delta_{\bar{q}}$, %
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
1	р. Боржава – с. Довге	408	620	27,4	37	0,68	1	25,16	-8,18
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	470	18,72	32,7	0,56	1	18,31	-2,18
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	1100	34,28	31,8	1,08	1	34,34	0,19
4	р. Веча – с. Неліпіне	241	760	28,38	34,5	0,80	1	27,60	-2,75
5	стр. Гл. Яр – смт Міжгір'я	0,28	550	8,89	33,4	0,63	0,54	11,36	27,80
6	стр. Йойківець – смт Міжгір'я	0,39	630	16,79	33,8	0,69	0,56	13,01	-22,20
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	1060	38,11	36,1	1,05	1	37,91	-0,54
8	р. Латориця – м. Мукачеве	1360	570	19,43	30,4	0,64	1	19,46	0,13
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	720	30,34	37	0,77	1	28,49	-6,1
10	р. Латориця – м. Свалява	680	700	21,82	29,7	0,75	1	22,28	2,09
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	310	12,57	30,3	0,43	1	13,03	3,65
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	897	25,50	29,8	0,91	1	27,12	6,35

Продовження дод. Ж

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	р. Лужанка – с. Нересниця	149	770	29,50	36	0,81	1	29,16	-1,15
14	р. Люта – с. Чорноголова	169	700	24,85	32	0,75	1	24,00	-3,42
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	1100	38,83	36	1,08	1	38,88	0,13
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	820	33,71	37,5	0,85	1	31,88	-5,44
17	р. Репінка – с. Репіне	203	780	29,51	37	0,82	1	30,34	2,81
18	р. Ріка – смт Міжгір'я	550	800	25,29	31,2	0,83	1	25,90	2,4
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	680	34,71	33,3	0,73	1	24,31	-29,97
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	300	10,13	28,5	0,42	1	11,97	18,16
21	р. Тересва – с. Колочава	369	1000	39,78	38,4	1,00	1	38,40	-3,47
22	р. Тересва – смт Дубове	757	1000	33,2	33,7	1,00	1	33,70	1,51
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	930	31,29	33,8	0,94	1	31,77	1,54
24	р. Тересва – смт Усть-Чорна	572	1100	32,69	32	1,08	1	34,56	5,72
25	р. Тиса – смт Вилок	9140	-	23,49	36,7	-	1	-	-
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	1200	27,62	24	1,17	1	28,08	1,67
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	1100	24,06	23	1,08	1	24,84	3,24
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	-	21,28	31,1	-	1	-	-
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	870	21,59	32,2	0,89	1	28,66	32,74

