

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Річний стік річок в межах лісостепової зони басейну
Сіверського Донця

Виконала магістр 2 року навчання
групи МЗГ-19
спеціальності 103 Науки про Землю
Гончарова Анастасія Олександрівна

Керівник д.геогр.наук, доц..
Овчарук Валерія Анатоліївна

Консультант _____

Рецензент к. геогр. наук, доц.
Прокоф'єв Олег Милославович

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут
Кафедра Гідрології суші
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 Науки про Землю
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідрології суші

д-р геогр. наук., проф. Шакіризанова Ж.Р.

“22” жовтня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гончарова Анастасія Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **Річний стік річок в межах лісостепової зони басейну Сіверського Донця**

Керівник роботи: Овчарук Валерія Анатоліївна, д. геогр. наук, доц
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “16” жовтня 2020 року №194-С

2. Строк подання студентом роботи 04.12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи

1. Часові ряди річних модулів стоку за період від початку спостережень до 2015р. в межах лісостепової зони басейну р. Сіверський донець;

2. Морфометричні дані водозборів басейну Сіверського Дінця в межах лісостепової зони.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Короткий огляд фізико-географічних умов формування річного стоку річок в межах досліджуваної території

2. Аналітичний огляд методів розрахунку річного стоку річок

3. Визначення основних статистичних параметрів рядів річного стоку на досліджуваній території

4. Дослідження впливу стокоформуючих факторів на річний стік річок та узагальнення основних розрахункових характеристик стоку за територією

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Карта-схема географічного положення досліджуваного водозбору;

2. Карта-схема розташування гідрологічних постів;

3. Графіки різницево-інтегральних кривих;

4. Графіки залежності норми стоку від основних стокоформуючих чинників

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 23.10.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Збір вихідної інформації	26.10-1.11.2020	90	відм.
2	Фізико-географічний огляд досліджуваної території	02.11.2020-09.11.2020	90	відм.
3	Аналітичний огляд методів розрахунку норми стоку	10.11.2020-17.11.2020	80	добре
4	Статистична обробка вихідної інформації	18.11.2020-25.11.2020	85	добре
	Рубіжна атестація			
5	Визначення норми стоку при недостатності та відсутності вихідної інформації	25.11.2020-30.11.2020	85	добре
6	Дослідження впливу зональних та інтразональних факторів на річний стік річок	01.12.2020-04.12.2020	80	добре
	Оформлення роботи	05.12.2020-09.12.2020		
	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	10.12.2020-15.12.2020		
	Підготовка доповіді, презентації	16.12.2020-20.12.2020		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		85	добре

Студент  **Гончарова А.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  **Овчарук В.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема роботи. Річний стік річок в межах лісостепової зони басейну Сіверського Донця.

Актуальність. Лісостепова частина басейну Сіверського Донця знаходиться в зоні достатнього зволоження, але в останні роки, коли водність річок басейну Сіверського Донця має тенденцію до суттєвого зниження набуває все більшої актуальності оцінка водних ресурсів річок. Суттєвого уточнення потребують розрахункові характеристики річного стоку річок у порівнянні з наведеними у довідково-нормативній літературі 80-х років минулого сторіччя.

Мета роботи: обґрунтування регіональних розрахункових параметрів для визначення стокових характеристик річок лісостепової частини басейну Сіверського Донця.

Завдання наукової роботи: провести статистичну обробку початкової інформації, розрахувати основні параметри розрахункових формул і узагальнити їх по території.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є річний стік річок межах лісостепової частини басейну Сіверського Донця. Предметом дослідження є обґрунтування параметрів регіональної методики для визначення норми та мінливості стоку невивчених у гідрологічному відношенні річок.

Методи дослідження: географічне узагальнення, статистична обробка, регресійний аналіз.

Результати їх новизна, теоретичне та практичне значення. Результатом роботи є: розрахунок статистичних параметрів розподілу часових рядів річного стоку; аналіз циклічності коливань стоку в межах досліджуваної території; визначення та узагальнення по території характеристик річного стоку. Результати досліджень публікувались в тезах студентських наукових конференцій та були використані підчас доповідей на семінарах.

Структура і обсяг роботи:

Структура: робота складається з 4 розділів, вступу і висновків.

Об'єм – 81 стор.

Рисунків – 20

Таблиць – 11

Використаних літературних джерел – 18; Додатків – 1

Ключові слова: *річний стік, циклічність, мінливість стоку, множинна регресія*

SUMMARY

The theme of the work. Annual runoff of rivers within the forest-steppe zone of the Seversky Donets basin.

Topicality. The forest-steppe part of the Seversky Donets basin is in the zone of sufficient moisture, but in recent years, when the water content of the rivers of the Seversky Donets basin tends to decrease significantly, the assessment of river water resources is becoming increasingly important. Essential clarification requires calculation characteristics of the annual runoff of rivers compared with those given in reference normative literature 80-ies of the last century.

Objective: substantiation of regional calculation parameters for determination of annual runoff characteristics of rivers of the forest-steppe part of the Seversky Donets basin.

Research Objectives: to carry out a statistical processing of the initial information, to calculate the basic parameters of the calculation formula and to summarize them in the territory.

The object and subject of study. The object of the study is the annual runoff of spring flood within the steppe forest-steppe part of the Siversky Donets basin. The subject of the study is the substantiation of the parameters of the regional methodology for determining the norm and variability of runoff of ungauged rivers.

Methods: geographic generalization, statistical analysis, regression analysis.

The results of their novelty, theoretical and practical. The work is: the calculation of the statistical distribution parameters of time series annual flow; analysis of the cyclicity of runoff fluctuations within the study area; identifying and summarizing the territory annual flow characteristics. The research results were published in the abstracts of student scientific conferences and were used during reports at seminars.

The structure and scope of work:

Structure: work consists of four chapters, introduction and conclusion.

Volume – 81 pages.

Figures - 20

Tables - 11

References - 18

Appendices – 1

Keywords: *annual runoff, cyclicity, runoff variability, multiple regression*

Зміст

Вступ.....	8
1. Коротка фізико-географічна характеристика лісостепової зони в межах басейну Сіверського Донця.....	9
1.1 Географічне положення, рельєф.....	9
1.2 Ґрунти та рослинність.....	11
1.3 Скорочена кліматична характеристика.....	15
1.4 Гідрологічна вивченість.....	19
1.5 Річний стік річок в умовах нестійкого клімату	23
2. Методи розрахунку характеристик річного стоку річок.....	26
2.1 Розрахунки характеристик річного стоку при тривалих рядах спостережень.....	26
2.1.1 Визначення циклічності у рядах річкового стоку.....	27
2.1.2 Синхронність річного стоку річок України.....	28
2.2 Розрахунки характеристик стоку при недостатності спостережень.....	29
2.2.1 Приведення коротких рядів до довгого періоду графічним методом.....	30
2.2.2 Використання графоаналітичного методу Г. А. Алексєєва для приведення рядів стоку до тривалого періоду спостережень.....	32
2.2.3 Приведення коротких рядів до довгого періоду за методом лінійної парної регресії.....	35
2.2.4 Метод коефіцієнтів.....	35
2.3 Розрахунки річного стоку при відсутності даних спостережень.....	36
2.3.1 Фактори формування річного стоку.....	36
2.3.2 Метод географічних узагальнень.....	40
2.3.3 Визначення коефіцієнтів варіації та асиметрії річного стоку при відсутності даних спостережень.....	42
2.3.4 Генетичний метод А. М. Бефані.....	44

2.4 Розрахунки характеристик природного річного стоку за метеорологічними даними.....	47
2.4.1 Метод водно-теплогового балансу.....	47
2.4.2 Методика розрахунків характеристик річного стоку за моделлю «клімат-стік».....	48
3. Визначення основних статистичних характеристик рядів річного стоку річок лісостепової зони в межах басейну Сіверського Донця	50
3.1 Циклічність у коливаннях річкового стоку.....	51
3.1.1 Районування за синхронністю коливань стоку річок.....	53
3.2 Обчислення норми стоку при тривалих рядах спостережень.....	55
3.3 Розрахунки статистичних параметрів стоку при недостатній кількості матеріалів спостережень за стоком	59
4. Дослідження впливу зональних та інтразональних факторів на річний стік річок лісостепової зони в межах басейну Сіверського Донця.....	65
4.1 Розробка методики розрахунків статистичних параметрів стоку річок, на яких відсутні спостереження за стоком.....	65
4.2 Вияв головних факторів, що формують річний стік та його мінливість...	65
Висновки.....	74
Список використаної літератури.....	76
Додатки (Вихідні данні).....	77

Вступ

Розрахункові характеристики річного стоку мають важливе значення при водогосподарському проектуванні, зокрема норма річного стоку, яка визначає потенційні водні ресурси даного району або басейну.

Норма річного стоку є основною характеристикою водних ресурсів, яка використовується в гідрологічних розрахунках при проектуванні водосховищ, для гідроенергетики, зрошення, водопостачання та інших видів водогосподарського будівництва.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи: визначити та просторово узагальнити основні розрахункові характеристики річного стоку річок в межах лісостепової частини басейну Сіверського Донця.

Об'єкт та предмет дослідження: об'єктом дослідження є річки лісостепової зони Сіверського Донця.

У першому розділі магістерської кваліфікаційної роботи наведена коротка фізико-географічна характеристика лісостепової зони басейну річки Сіверського Донця.

Другий розділ присвячено методам розрахунку річного стоку річок при тривалих спостереженнях, при недостатній кількості спостережень, а також при відсутності даних спостережень. Розрахунок характеристик природного стоку за метеорологічними даними.

Третій розділ присвячено визначенню статистичних параметрів розподілу часових рядів річного стоку річок лісостепової зони в межах басейну Сіверського Донця, а також визначення похибки. А також приведення короткого ряду до багаторічного періоду.

В заключному четвертому розділі досліджується вплив зональних та інтразональних факторів на річний стік річок лісостепової зони в межах басейну Сіверського Донця.

1. Коротка фізико-географічна характеристика лісостепової зони в межах басейну Сіверського Донця

1.1. Географічне положення, рельєф

Територія описуваного району розташована в лісостеповій зоні.

Річка Сіверський Донець бере свій початок на Середньоруській височині у Белгородській області Російської Федерації. Це найбільша річка Східної України, її долина складає 1053 км, а площа долини – близько 12600 км².

У минулому долина Сіверського Донця у межах лісостепової зони була вкрита густими лісами. За останні два століття площа природних лісів значно зменшилася внаслідок втручання людини [7].

Лісостепова частина басейну Сіверського Дінця розташована в північно-східній частині України, в межах вододілу, що розділяє басейни Дона і Дніпра. Досліджувана територія межує з Луганською, Донецькою, Дніпропетровською, Полтавською, Сумською областями України та Белгородською областю Росії.

Досліджуваний басейн займає територію, на якій переважають височини.

Праві схили крупних річних долин відрізняються значною крутістю та розчленовані глибокими ярами: асиметрія річних долин обумовлює й асиметрією міжрічкових, лівих субмеридіональних приток Сіверського Донця, маючих відносно більш круті схили та більш пологі західні [7].

Акумулятивний рельєф приурочений загалом к річним терасам.

Річки лісостепової зони Сіверського Донця мають асиметричну долину з комплексом акумулятивних терас, протягуючись уздовж його лівого схилу.

Істотну роль у формуванні сучасного рельєфу лісостепової зони басейну Сіверського Донця належить неотектонічним рухам земної кори.

Поздовжній профіль р. Оскіл має відносно прямолінійну форму. Долина проходить по схилу Воронежського кристалічного масиву в зоні зчленування Дніпровсько-Донецької впадини з Донецьким складчастою спорудою.



— - - - - межа досліджуваної території

Рис.1.1 – Картосхема географічного положення р. Сіверський Донець.

Топографічний поздовжній профіль сучасного русла Сіверського Донця в межах лісостепової зони має плавновгнуту форму з окремими нерівностями. Так, нижче села Огірцеве у формі профілю чітко виражений структурний уступ Воронежського кристалічного щита, який проявляв активність в голоцені [7].

Геологічна будова. Найбільшим поширенням користуються магматизовані осадово-метаморфічні породи області архейської складчастості, в західній частині щита - магматизовані породи сакгарської

серії області протерозойської складчастості; в східній частині щита значні площі займають верхньопротерозойські лугові породи приазовського інтрузивного циклу і протерозойські граніти.

На найбільш високих ділянках міжріч локально поширені товщі строкатих глин і фаціально заміщуючих їх строкато змальованих пісків, утворення яких охоплює значний інтервал часу, відповідний верхньому міоцену та пліоцену.

1.2. Ґрунти та рослинність

Ґрунти. Описувана територія охоплює різкі зміни один від одного у природному, а також і у ґрунтовому відношенні частини басейну.

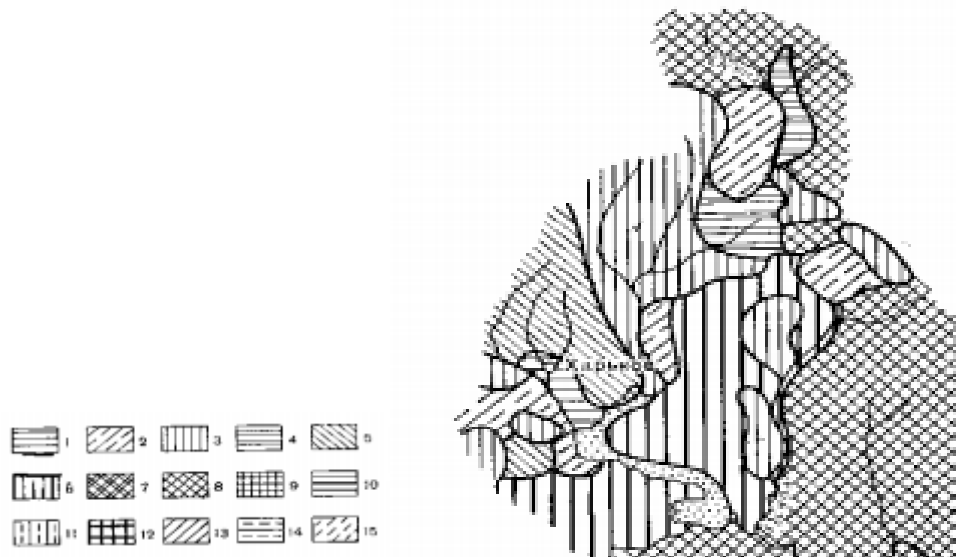
Так басейн Сіверського Дінця підрозділяється на три істотно різні частини: 1) Верхню (північну) – лісостепову; 2) середню правобережно-кряжеву (Донбас); 3) середню лівобережну (заднецьку).

Ми розглядаємо саме верхню (північну) частину, а саме лісостепову.

Північна частина басейну Сіверського Дінця простягається від верхів'їв до гирла р. Оскіл і далі на захід, приблизно до гирла р. Берестовий. Це типово лісостепова найбільш зволожена частина басейну, що відноситься до північно-східного схилу Дніпровсько-Донецької геологічної структури-западині і лише частково (в південно-західному куті) до її найбільш глибокої осьової зони [7].

В межах описуваного району корені породи в ґрунтоутворенні суттєвої ролі не відіграють. Вирішальна роль в цьому відношенні належить четвертинним відкладенням [7].

У ґрунтовому покриві лісостепу Сіверського Дінця переважають різні види чорноземів. Долини річок, особливо головної артерії - Сіверського Донця, як правило добре терасовані. Тераси плоскі рівнинні, густо усіяні западинами, подами і майже безстічні (рис. 1.2).



1 - сірі опідзолені ґрунти; 2 - темно-сірі опідзолені ґрунти ; 3 - чорноземи опідзолені; 4 - чорноземи міцні середньо гумусні вилужені; 5- чорноземи міцні середньо гумусні; 6 - чорноземи звичайні міцні середньо гумусні; 7- чорноземи звичайні міцні мало гумусні; 8 - чорноземи звичайні середньо гумусні; 9 - чорноземи звичайні мало гумусні; 10 - чорноземи звичайні маломіцні мало гумусні; 11- чорноземні південні; 12 - чорноземи південні слабо солонцюваті; 13 - чорноземи на щільних породах; 14 - темно-каштанові слабо солонцюваті ґрунти.

Рис.1.2 Ґрунти лісостепової частини басейну Сіверського Донця[7]

У ґрунтовому покриві лісостепу переважають різні види чорноземів (типові та опідзолені) та сірі лісові ґрунти, що сформувалися на лесах або лесоподібних суглинках. У зниженнях поширені лучні і луно-чорноземні ґрунти, подекуди — торфові.

Панують рівні території з порівняно невеликими площами схилів незначної крутизни. Цим характеризуються основні площі міських міжрічкових вододілів [7].

В північній частині басейну Сіверського Дінця серед еродованих ґрунтів переважають слабо змиті різновиди (змито зазвичай менша половина верхнього гумусового горизонту).

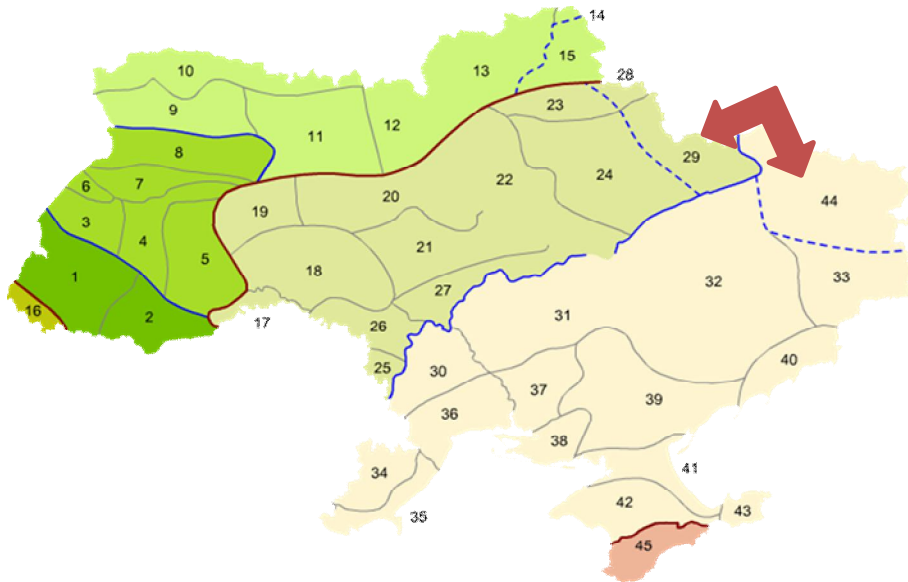
Ерозія погіршує ґрунти, знижуючи їх продуктивність і тим більш, чим інтенсивніше вона проявляється. Змив знищує найбільш цінну, найбільш дрібнозернисту та гумусову частину профілю. Разом з дрібнозернистим змиваються й велика кількість змістових в ньому поживних речовин, особливо азоту[7].

Іноді зустрічаються мікроплями солонців і мочаків, які вкраплені в основний чорноземний фон (вододіл Сіверський Донець – Оскіл).

Рослинність. Де проходить межа степу та лісостепу, ще збереглися заплавні широколистяні дуби, а також соснові ліси в районі Чугуєва. Велика кількість видів диких рослин збереглися поблизу меандрових боліт – тут можна зустріти вербу, пухнасту березу, вільху, крушину ламку. Вздовж річки поширений очерет, хвощ болотний, осока, вовче тіло болотне та інші види трав (рис. 1.3).

Рослинність представлена лісовими і степовими видами. Ліси збереглися в долинах річок та межиріччях. Вони ростуть на сірих лісових ґрунтах та деградованих чорноземах (в яких зменшився вміст гумусу, і вони стали менш родючими), що раніше були під степами, а потім позаростали деревами. Лісоутворювальними породами зони є дуб, граб, бук, клен, липа. У заплавах річок ростуть берест, вільха, верба. Вздовж річки поширений очерет, хвощ болотний, осока, кізляк китицеквітний, вовче тіло болотне та інші види трав [7].

Ліси є пануючим типом рослинності у долині річки Сіверський Донець. Лісова частина цієї території відзначається флористичною, фітоценотичною різноманітністю, наявністю раритетних видів та рідкісних рослинних угруповань національного та регіонального значення.



Євразійська степова область

Лісостепова підобласть (зона)

■ Середньоруська лісостепова підпровінція

29 Харківський округ дубових, липово-дубових лісів та лучних степів

■ Степова підобласть (зона)

44 Сіверськодонецький округ різнотравно-злакових степів, байрачних дубових лісів та рослинності крейдяних відслонень (томілярів)

Рис.1.3 - Схема геоботанічного районування України [12]

З рисунку 1.3 ми бачимо, що на території яку ми розглядаємо знаходиться середньоруська лісостепова підпровінція, а також сіверськодонецький округ різнотравно-злакових степів, байрачних дубових лісів та рослинності крейдяних відслонень.

Вирубка лісів являється головною причиною розвитку водної ерозії. Значні площі широколистяних лісів збереглися на підвищених ділянках верхів'я Сіверського Донця.

1.3. Скорочена кліматична характеристика

Територія району характеризується різним кліматичним режимом.

Клімат басейну Сіверського Дінця формується в результаті взаємодії трьох основних кліматоутворюючих факторів: притоку сонячної радіації, циркуляції атмосфери і особливостей поверхні землі території області.

Радіаційні умови басейну річки Сіверського Дінця досить однорідні, але різниця широт північної та південної її частин, все ж надає певний вплив на ці умови. Радіаційні умови різко змінюються від сезону до сезону і визначаються в основному широтою місця (висотою сонця) і умовами хмарності, залежними, в свою чергу, від циркуляції атмосфери.

Верхів'я басейну річки Сіверського Дінця розташоване у внутрішніх районах континенту, тому вирішальний вплив на формування клімату надають великі простори суші [7].

В холодний період року переважає роль циркуляційного фактору; вплив радіаційного фактору зменшується внаслідок відносно малої висоти сонця над горизонтом, невеликою тривалістю дня, значною хмарністю.

Зима починається із середини листопада (перехід середньодобових температур через 0°C).

Зимою переважає хмарна погода. Відносна вологість зимою збільшується до 80% – 90%.

Самим холодним місяцем в області є січень. Середньомісячна температура січня на півночі – $-8,2^{\circ}\text{C}$, на півдні – $-6,6^{\circ}\text{C}$.

Оскільки дані в роботі до 2015 року, я вирішила, в якості приклада, обрати розподіл кількості опадів за 2015 рік. З рис. 1.4 ми бачимо, що опади за січень (самий холодний місяць) коливаються від 0 до 50 мм. Аналізуючи температуру за січень 2015 року, з рис. 1.5 ми бачимо, що на досліджуваній території температура повітря коливається від -1 до $-4,5^{\circ}\text{C}$.

Amount of precipitation in January 2015, Ukraine
Розподіл кількості опадів за Січень 2015 р.

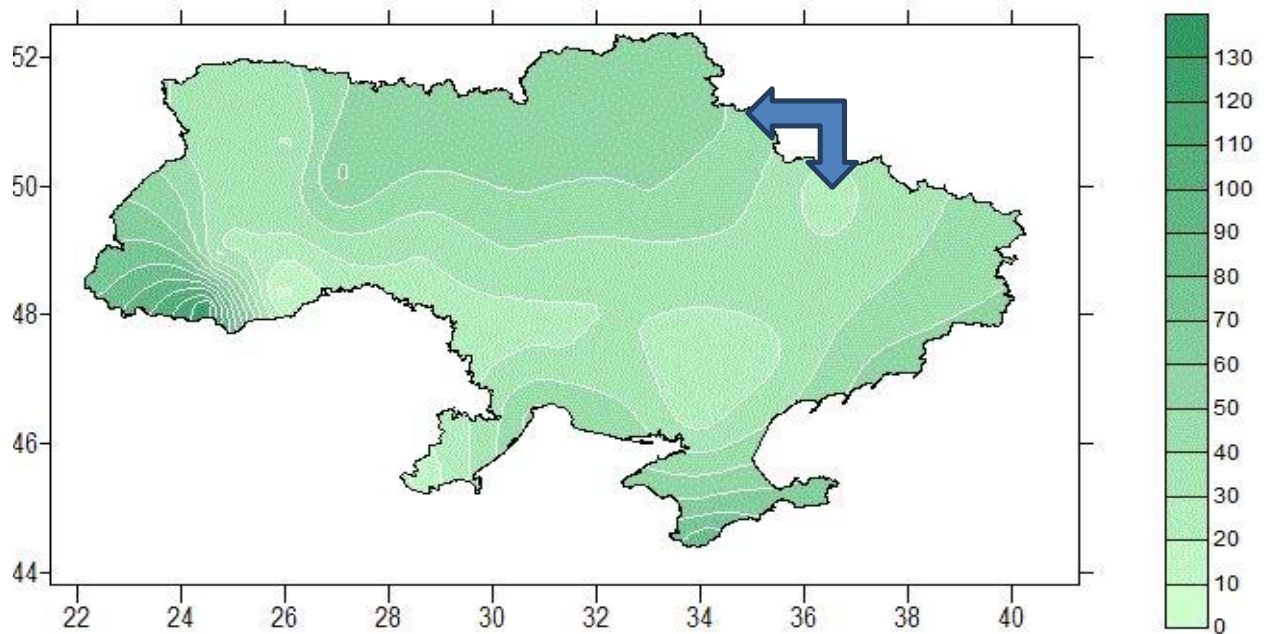


Рис. 1.4 Розподіл кількості опадів за Січень 2015 року [11]

Air temperature in January 2015, Ukraine
Розподіл температури повітря за Січень 2015 р.

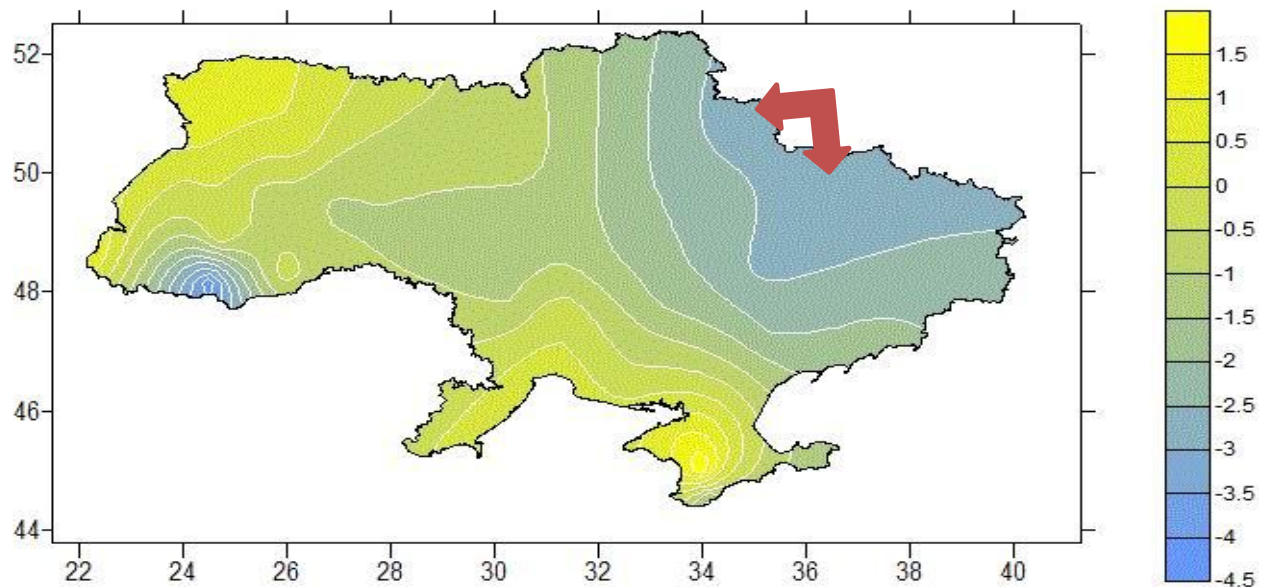


Рис. 1.5 Розподіл температур повітря за січень 2015 р. [11]

В теплий період року підвищується роль радіаційного фактору та вплив підстильної поверхні землі. Циркуляція послаблюється по мірі зменшення

температури . За умовою циркуляції початок теплого періоду зв'язано з ослабленням північно-східних і східних впливів.

Самий теплий місяць – липень, його середньодобові температури повітря на півночі досягають $+20,2^{\circ}\text{C}$; на півдні - $+21,5^{\circ}\text{C}$. Максимальні температури повітря спостерігаються у межах $+37^{\circ}\text{C}$, $+39^{\circ}\text{C}$.

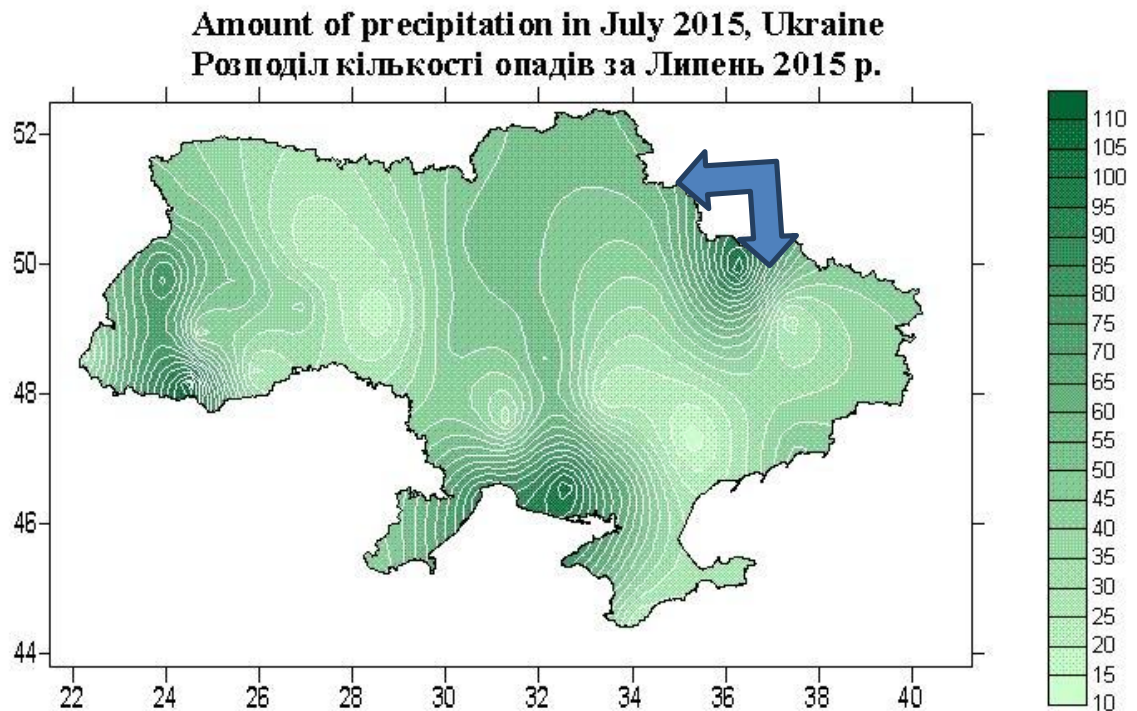


Рис. 1.6 – Розподіл кількості опадів за липень 2015р. [11]

В якості прикладу розподілу кількості опадів обраний 2015 рік, з рис. 1.6 ми бачимо, що опади за січень (самий теплий місяць) коливаються від 10 до 95 мм. Аналізуючи температуру за січень 2015 року, з рисунку 1.7 ми бачимо, що температура коливається від $19,5$ до 22°C .

Весною місячні величини радіаційного балансу різко зростають, що являється наслідком збільшення висоти сонця, тривалості дня та сходу сніжного покриву.

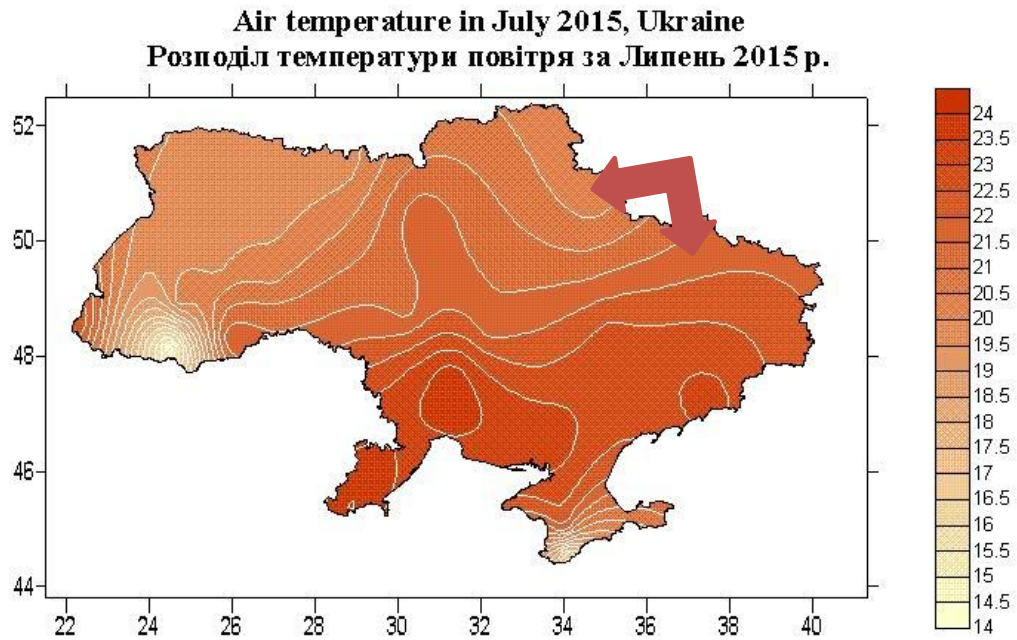


Рис. 1.7 Розподіл температури повітря за липень 2015 р. [11]

На розташування річних сум опадів по території надає вплив циркуляційних особливостей та рельєфу місцевості.

Таблиця 1.1 Середні багаторічні значення основних кліматичних характеристик

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Температура повітря, °C												
-8,2	-7,9	-2,6	6,8	14,8	18,2	20,4	19,4	13,6	6,4	-0,5	-5,8	6,2
Відносна вологість повітря, %												
88	84	79	46	46	59	48	51	66	80	88	88	65
Опади, мм												
37	33	37	42	56	70	65	55	32	53	39	41	560

1.4 Гідрологічна вивченість

Рельєф, кліматичні умови, геологічна будова та гідрогеологічні особливості території обумовили основні риси гідрографічної мережі гідрографічній мережі річки Сіверського Донця.

У верхній лісостеповій частині басейну річки Сіверського Дінця розташовано 27 постів (рис. 1.8): р.Сіверський Донець - с.Кісельово, р.Сіверський Донець -с.Дальні піски, р.Сіверський Донець -с.Огірцеве, р.Сіверський Донець - смт Печеніги, р.Сіверський Донець-м.Чугуїв, р.Сіверський Донець- м.Зміїв, р.Болховець-Білгород, р.Нежеголь-с.Більшетроїцьке, р.Нежеголь-м.Щебекіно, р.Короча-м.Короча, р.Вовча-м.Вовчанск, р.Бабка-с.П'ятницьке, р.Уди-сmt Пересічне, р.Уди-сmt Пісочин, р.Уди-сmt Безлюдівка, р.Лопань-сmt Козача Лопань, р.Харків-с.Циркуни, р.Оскол-м.Старий Оскол,р. Осколець-м.Старий Оскол , р.Оскол-с.Ніновка, р. Валуй-м.Валуйки, р. Оскол-р.п.Раздольє, р.Оскол-м. Куп'янск,р. Оскол-с. Червоний Оскол, р. Сів.Донець- с. Яремівка, р. Сів.Донець- м.Ізюм, р. Бритаї- с. Тихопольє

На головній річці розташовано 7 постів, а на притоках - 20 постів.

Найбільш тривалий період спостережень на посту р. Сіверський Донець – м. Зміїв (з 1923 року по 2015 рік)

Найкоротший період спостережень на Валуй-м.Валуйки (з 1971 року по 1974 рік)

Морфометричні характеристики басейну річки Сіверський Донець розташовані у таблиці 1.2.

Річки описуваного району мають змішане живлення, і в формування їх стоку в різних частинах території роль талих і дощових вод різна.

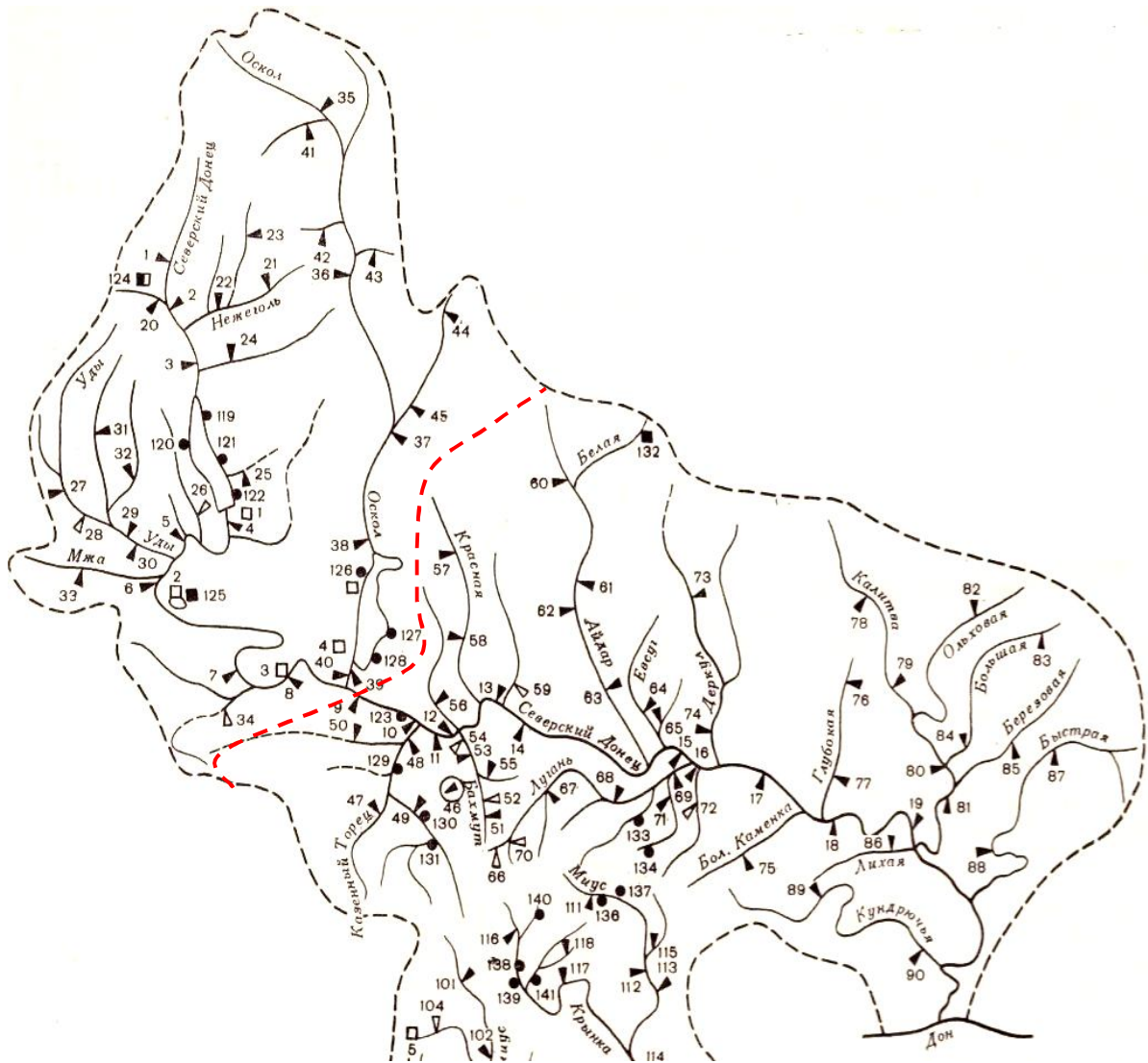


Рис.1.8- Карта-схема розташування гідрологічних постів в межах лісостепової зони басейну річки Сіверський Донець

Таблиця 1.2 - Морфометричні характеристики басейну річки Сіверський Донець

№	Річка Пунк спостереження	Відстань, км		Ухил річки %		Площа водозбору, км ²	Середня висота водозбору, м	Середній ухил водозбору, ‰	Щільність річкової мережі, км/км ²	Озерність, %	Заболоченість, %	Лісистість, %	Оранка, %
		Від витоку	Від найбільш віддаленої точки річкової мережі	Середній	Середньозважений								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Сіверський Донець- Кісельово	39	53	2,6	1,4	740	200	53,7	-	<1	<1	5	70
2	Сіверський Донець- Дальні піски	69	83	1,7	0,84	1700	190	-	-	<1	1	8	70
3	Сіверський Донець- с. Волково	89	103	1,5	0,54	2520	190	-	-	<1	1	8	70
4	Сіверський Донець- с.Огурцеве	109	124	1,3	0,4	5540	180	-	-	<1	<1	11	60
5	Сіверський Донець- Печеніги(н.б'єф)	179	194	0,7	0,3	8400	170	-	-	<1	<1	10	-
6	Сіверський Донець- Зміїв	260	278	0,5	0,2	16600	170	-	-	<1	<1	12	-
7	Сіверський Донець- Чугуїв	216	234	0,6	0,2	10300	170	-	-	<1	<1	10	-
8	Сіверський Донець- м.Ізюм	451	465	0,43	0,13	22600	160	-	-	<1	1	10	-
12	Сіверський Донець- с. Яремівка	480	494	0,41	0,13	38300	160	-	-	<1	1	10	-
21	р.Болховец- м.Белгород	25	25	2,1	1,7	394	190	69	-	<1	<1	7	60
22	Нежеголь- Більшетроїцьке	16	27	3,7	2	274	200	54	-	0	<1	5	60
25	Нежеголь- Щебекіно	64	83	1,2	0,5	2070	190	-	-	<1	1	10	60
26	Короча- м.Короча	37	37	2,8	1,7	378	210	46,6	-	<1	1	4	70

Продовження таблиці 1.2

27	Вовча- Вовчанськ	82	86	1,1	0,54	1330	180	-	-	<1	<1	2	60
28	Бабка- с. П'ятницьке	31	33	3,2	1,6	325	160	60,7	-	0	<1	25	55
29	Уди- смт Перехресне	88	91	1,4	0,78	905	180	50	-	<1	<1	8	70
30	Уди- смтБезлдовка	122	125	0,99	0,57	3300	170	-	-	<1	<1	10	-
31	Рогозянка-с. Велика Рогозянка	11	17	5,5	3,2	52	190	47,4	0,25	0	0	<1	65
32	Лопань- смт Козача Лопань	31	34	2,4	1,4	189	190	49,3	0,44	<1	0	<1	60
33	Харків- с.Циркуни	51	56	2	0,92	890	170	58,9	-	<1	<1	11	55
34	Бритаї- с. Тихопольє	55	64	1,7	0,81	1020	150	-	-	<1	<1	0	70
35	Оскол-м.Старий Оскол	82	87	1,8	0,6	1540	200	-	-	<1	<1	5	70
37	Оскол-сл.Ніновка	163	168	1	0,35	6270	190	-	-	<1	1	7	70
40	Оскол-р.п.Раздольє	260	265	0,68	0,24	8640	190	-	-	<1	1	9	70
41	Оскол-с. Новомлинск	313	318	0,59	0,2	11400	180	-	-	<1	1	8	-
42	Оскол-м. Куп'янск	315	356	0,54	0,19	12700	180	-	-	<1	1	7	-
43	Оскол-с. Червоний Оскол	-	-	0,43	0,16	14700	170	-	-	1	1	7	-
44	Осколець-м.Старий Оскол	43	52	2,4	0,99	494	200	50,6	-	<1	1	5	70
45	Валуй-м.Валуйки	64	67	1	0,86	1290	170	-	-	<1	1	15	65

З таблиці 1.2 ми бачимо, що середній ухил річки коливається від 0,1 (р.Сіверський Донець-м. Зміїв) до 3,7‰ (р.Нежеголь-с.Більшетроїцьке). Середня висота водозбору у середньому становить 180м. Озерність переважно <1%. Заболоченість переважно 1%, а також <1%. Лісистість у середньому 8-9%. Оранка у середньому 68%.

1.5. Річний стік річок в умовах нестійкого клімату

Стрімке глобальне потепління клімату за останні 100-150 років можна вважати надійно встановленим емпіричним фактом.

Вважають, що сучасний лінійний тренд приземної температури нашої планети (з коефіцієнтом близько $0,5^{\circ}\text{C}$ за 100 років) – результат антропогенного підсилення глобального атмосферного парникового ефекту, спричиненого, головним чином, викидами вуглекислого газу при спалюванні викопного палива (кам'яного вугілля, нафти, газу) та, в меншій мірі, змінами в господарському використанні земельних ресурсів[17].

Припущення про можливість розвитку потепління внаслідок накопичення в атмосфері вуглекислого газу, що утворюється при спалюванні органічного палива, були оприлюднені ще у першій половині XX століття, однак тоді вони не були підтверджені емпіричними даними і не привертали уваги наукової громадськості. Ситуація змінилася на початку 70-х років минулого століття, коли був представлений кількісний прогноз майбутнього антропогенного потепління, який в подальшому видався досить реалістичним. В монографіях М.І. Будико, а також у сумісній монографії цього автора та Ю.А.Ізраеля, що вийшла наприкінці 80-х років минулого століття, було детально розглянуто механізми впливу сучасної господарської діяльності на клімат[17].

Найбільші зміни клімату проявляються в регіонах з найбільшою міжрічною мінливістю температури повітря, а також від десятиріччя до

десятиріччя та в ті сезони, в які ця мінливість також максимальна. Ми бачимо це на прикладі лісостепової зони Сіверського Дінця.

Представники гідрологічної теорії глобального потепління клімату земної кулі – В.І.Найденов та В.І.Швейкіна [17] стверджують, що зростання кількості опадів над сушею призвело до її більшого зволоження, зменшення амплітуди температурних коливань, зниження втрат тепла на випаровування та зменшення альбедо. Це обумовило виникнення додатних трендів вологозапасів і температури.

Таким чином, одним з найбільш поширених припущень про причини сучасного глобального потепління є накопичення в атмосфері внаслідок техногенних викидів різними галузями промисловості таких газів як CO_2 , NH_4 , CO , N_2O та ін., молекули яких затримують довгохвильову частину радіації, що випромінюється земною поверхнею, і створюють парниковий ефект, сприяючи потеплінню атмосфери. Одночасно накопичуються все нові і нові дані, що переконують вчених у відсутності зараз достатньо надійних доказів щодо визначального впливу діяльності людини на глобальне потепління клімату.

Динаміка клімату лісостепової зони Сіверського Дінця, значною мірою відповідає характерним рисам змін глобального клімату. Це підтверджується співпадінням багаторічного ходу аномалії глобальної та регіональної температур повітря.

Річковий стік є важливою складовою процесу водообміну та інтегральною характеристикою водного балансу даної території. Вивчення коливань річкового стоку показує, що в цілому його зміни та зміни сумарних опадів, які випадають на континентах, тісно пов'язані з температурою і в окремі періоди є достатньо близькими за тенденціями. Зазвичай для великих регіонів при зростанні температури до певної межі зростає кількість опадів і стік. В той же час для окремих фізико-географічних регіонів тенденція може дещо відрізнятися, особливо в зоні недостатнього зволоження. Часові коливання річного стоку мають достатньо тісний зв'язок з типами

атмосферної циркуляції, розробленими Г.Я.Вангенгеймом. Це пояснюється тим, що кожен тип циркуляції створює певний фон розподілу опадів, температури повітря, випаровування та, у підсумку, стоку річок.

Зміни, що відбуваються у кліматичній системі, ставлять під сумнів правомірність концепції стаціонарності багаторічних коливань гідрометеорологічних характеристик, починаючи з 80-х років минулого століття. Зміни складових водно-теплогового балансу викликають, у підсумку, зміни стоку річок. Вивчення цих змін стає однією з головних задач сучасної гідрології. Подібні дослідження проводяться вченими всього світу, але найбільш активно – у Європі, Північній Америці та Східній Азії. На жаль, дослідження сучасних змін умов формування та характеристик гідрологічного режиму річок України під впливом кліматичних змін є достатньо розрізненими та безсистемними[17].

2. Методи розрахунку характеристик річного стоку річок

Визначення розрахункових гідрологічних характеристик при наявності даних гідрометричних спостережень достатньої тривалості відбувається шляхом застосування аналітичних функцій розподілу щорічних ймовірностей перевищення заданих величин стоку.

Тривалість спостережень вважається достатнім, якщо розглядуваний період репрезентативний, а відносна середньоквадратична похибка розрахункового значення досліджуваної гідрологічної характеристики не перевищує 10 % для річного і сезонного стоку та 20 % – для максимального й мінімального стоку[6].

Репрезентативність ряду спостережень за гідрологічною характеристикою необхідно визначати за відносною середньоквадратичною похибкою визначення середнього значення ряду та циклічністю коливань стоку, яку установлюють на основі аналізу різницевих інтегральних кривих. Середня арифметична величина річного стоку має бути сталою у часі, відносна середньоквадратична похибка розрахункового значення досліджуваної гідрологічної характеристики не перевищуватиме 10 %, а період коливань включатиме до себе не менше двох циклів [3].

2.1 Розрахунки характеристик річного стоку при тривалих рядах спостережень

Визначення розрахункових гідрологічних характеристик при наявності даних гідрометричних спостережень достатньої тривалості відбувається шляхом застосування аналітичних функцій розподілу щорічних ймовірностей перевищення заданих величин стоку.

Тривалість спостережень вважається достатнім, якщо розглядуваний період репрезентативний, а відносна середньоквадратична похибка розрахункового значення досліджуваної гідрологічної характеристики не перевищує 10 % для річного і сезонного стоку та 20 % – для максимального й мінімального стоку[6].

Репрезентативність ряду спостережень за гідрологічною характеристикою необхідно визначати за відносною середньоквадратичною похибкою визначення середнього значення ряду та циклічністю коливань стоку, яку установлюють на основі аналізу різницевих інтегральних кривих. Середня арифметична величина річного стоку має бути сталою у часі, відносна середньоквадратична похибка розрахункового значення досліджуваної гідрологічної характеристики не перевищуватиме 10 %, а період коливань включатиме до себе не менше двох циклів [3].

2.1.1 Визначення циклічності у рядах річкового стоку

Під поняттям циклічності багаторічних коливань стоку розуміють зміни водності, які характеризуються чергуванням маловодних та багатоводних групувань різної тривалості та різної величини відхилення від середнього багаторічного значення стоку за період, що розглядається[13].

Дослідження динаміки багаторічних коливань стоку передбачає не лише аналіз їхньої циклічності, а й таких важливих сторін як синхронність або асинхронність, синфазність або асинфазність.

Для оцінки циклічних коливань гідрометеорологічних величин застосовують такі методи як: автокореляційний та спектральний аналіз; різницеві інтегральні криві; згладжування рядів спостережень шляхом ковзаючих n-річок, біноміальне осереднення.

Найприйнятнішим методом є різницева інтегральна крива, оскільки дозволяє чітко визначати межі фаз водності. Крім того, за аналізом різницевих інтегральних кривих можна простежити динаміку розвитку

циклів водності щодо лінії часу та виявити якісну та кількісну тенденцію їхніх змін.

За однакових кліматичних умов та подібних елементів географічного ландшафту в близько розташованих річкових басейнах коливання водності річок зазвичай бувають синхронні. Однак, внаслідок різних синоптичних процесів, що обумовлюють неоднорідність випадіння атмосферних опадів по території та в часі, а також через різноманіття форм рельєфу та ґрунтів водозбору відповідність змін стоку різних річок може порушуватись [13].

2.1.2 Синхронність річного стоку річок України

Поняття циклічності коливань річного стоку зв'язується з поняттям синхронності[13].

Оскільки циклічність коливань річного стоку зумовлена коливаннями великомасштабних атмосферних процесів, які змінюються у часі і просторі, то закономірності коливань стоку не можуть бути однаковими на річках, розділених значними відстанями та різними умовами формування стоку, насамперед, кліматичними[13].

Синхронними називають коливання стоку річок, на яких спостерігається однаковий хід водності протягом всього інтервалу часу, а асинхронними - коливання стоку, які мають протилежний хід водності. Під синфазністю та асинфазністю стоку розуміють однаковий або протилежний хід коливань по періодах водності (по групах багатоводних та маловодних років)[4].

Кількісною мірою синхронності коливань стоку є коефіцієнт кореляції між двома рядами з однаковим періодом спостережень. Коливання вважаються синхронними, якщо коефіцієнт кореляції перевищує 0,7 (СНіП 2.01.14-83), й синфазними, коли коефіцієнт кореляції менший за 0,7, але більший за 0,4. Якщо коефіцієнт кореляції менший за 0,4 коливання

вважаються несинфазними (Є.П. Школьний, І.Д. Лоєва, Л.Д. Гончарова, 1999).

У сучасності для аналізу синхронності коливань гідрологічних величин використовуються методи багатовимірного статистичного аналізу (СНІП 2.01.14-83). Так, Н.С. Лободою за допомогою факторного аналізу та методу головних компонент виконано районування території України за синхронністю коливань стоку (Н.С. Лобода, 2005). Виділено два райони: Західний (I) та Східний (II).

Ефективним методом виявлення проявів синхронності чи синфазності коливань річного стоку є побудова суміщених графіків різницевих інтегральних кривих стоку та графіків лінійного зв'язку із визначенням коефіцієнтів кореляції.

Об'єктом наших досліджень є річка Сіверський Донець, за Н. С. Лободою (рис.2.1), ми виявили що річка Сіверський Донець знаходиться у II районі (Східний).

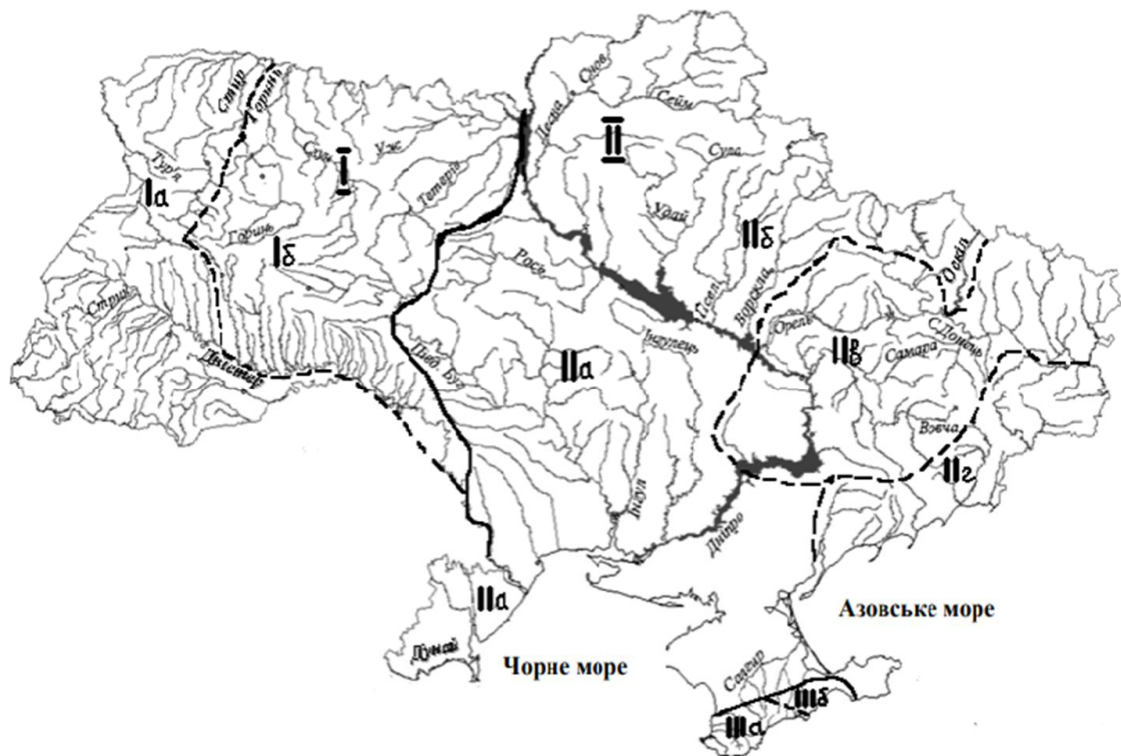


Рис. 2.1 - Карта-схема районів із синфазними коливаннями річного стоку річок України [4]

2.2 Розрахунки характеристик стоку при недостатності спостережень

Процедурою “приведення” характеристик коротких рядів стоку до тривалого періоду називають уточнення цих характеристик, що виконується на базі даних про стік інших річок із схожими умовами формування стоку називають річками-аналогами.

Приведення виконується, якщо відносні середні квадратичні похибки визначення статистичних параметрів рядів стоку перевищують допустимі границі. “Приводитися” до довгого періоду можуть статистичні характеристики рядів стоку, визначені по обмежених у часі даних.

Процедура “приведення” статистичних параметрів до багаторічного періоду відбувається на основі даних по річках-аналогах, на яких організовані довготривалі спостереження за стоком й ці ряди відповідають вимогам репрезентативності (СНіП 2.01.14-83).

Приведення виконується шляхом установлення зв’язку між величинами стоку одночасно на двох річках – із коротким та із довгим періодами спостережень. Річка із довгим рядом і є «річкою-аналогом».

При виборі річки-аналога необхідно дотримуватись виконання таких умов:

- розглядувана річка та річка-аналог розташовані у безпосередній географічній близькості;
- установлена схожість кліматичних умов для водозборів;
- установлена однорідність умов формування стоку;
- доведена синхронність коливань річного стоку на досліджуваних водозборах;
- площі водозборів не повинні відрізнятися більше ніж в 10 разів, а їх середні висоти (для гірських річок) більше чим на 300 м;

- має бути доведена відсутність статистично значущого антропогенного впливу на стік;
- період спільних спостережень за стоком на досліджуваних річках повинен бути не меншим за 10 років.

Приведення до багаторічного (довгого або тривалого) періоду виконується за графічною залежністю або з використанням її аналітичного опису за моделлю множинної або парної лінійної регресії.

Криволінійні залежності між величинами стоку річок із коротким та довгим періодами спостережень використовуються лише у тих випадках, коли така залежність спирається на достатньо велику кількість точок і пояснюється особливостями коливань стоку на цих річках. Найчастіше використовуються лінійні зв'язки.

При лінійному зв'язку об'єктивним критерієм правильності вибору річки-аналога є досить тісний зв'язок між величинами стоку розглядуваного ряду та ряду річки-аналога за період спільних спостережень, який має характеризуватися коефіцієнтом кореляції $r \geq 0.7$.

2.2.1 Приведення коротких рядів до довгого періоду графічним методом

Графічний метод полягає у побудові графіка зв'язку між значеннями стоку за період сумісних спостережень. Для побудови графіка необхідно мати не менше 10 відповідних значень у кожному з розглядуваних створів. Якщо коефіцієнт кореляції між розглядуваними рядами перевищує значення 0.7, побудований графік застосовується для виконання розрахунків.

Середня багаторічна величина стоку, приведена до багаторічного періоду, $\bar{q}_n$ може визначатися безпосередньо по графіку із використанням середньої багаторічної величини стоку для річки-аналога $\bar{q}_{Na}$ [3].

У сучасних гідрологічних розрахунках для опису лінійних зв'язків між досліджуваною річкою та річкою-аналогом використовуються методи регресійного аналізу[8].

2.2.2 Використання графоаналітичного методу Г. А. Алексєєва для приведення рядів стоку до тривалого періоду спостережень

Графоаналітичний метод Г. А. Алексєєва являє собою спрощений спосіб розрахунків статистичних параметрів. В ньому використовується емпірична крива забезпеченості і аналітичний (теоретичний) закон розподілу. При його застосуванні приймається умова збіжності теоретичної кривої розподілу з емпіричною хоча б у трьох точках. Цей метод дозволяє оцінити статистичні параметри по рядах стоку безпосередньо для того теоретичного розподілу ймовірностей, який в більшій мірі відповідає емпіричному. Розглянемо випадок, коли за теоретичний розподіл стокової величини прийнятий закон розподілу Пірсона III. У гідрологічних розрахунках закон розподілу випадкової величини задається у вигляді функції забезпеченості. Забезпеченість значення x випадкової величини X є ймовірність перевищення x , тобто

$$P(x) = p(X > x). \quad (2.1)$$

Оцінкою забезпеченості значення x_i з вибірки випадкових величин довжиною n є відносна частота події $X \geq x_i$. Для обчислення емпіричної забезпеченості $\hat{p}$ використовується формула

$$P(x_i) = \frac{m * 100\%}{n + 1} \quad (2.2)$$

де m - порядковий номер елемента x_i у ранжованому статистичному ряді (мається на увазі статистичний ряд, в якому всі члени розміщені в порядку зменшення). Фактично m являє собою абсолютну частоту події $X \leq x_i$.

З графіка емпіричної кривої забезпеченості, побудованої на відповідній клітчатці ймовірностей, знімаються величини стоку в характерних точках з забезпеченістю 5, 50 та 95 відсотків (%). Виходячи з припущення, що ці точки емпіричної кривої забезпеченості співпадають з теоретичною, звернемося до закону розподілу Пірсона III. Цей теоретичний закон розподілу випадкової величини надається в СНПІ 2.01.14-83 таблицею нормованих відхилень $\Phi_p(C_s)$, які залежать від забезпеченості P і коефіцієнта асиметрії C_s :

$$\Phi_p(C_s) = \frac{x_p - \bar{x}}{\sigma_x} \quad (2.3)$$

Для трьох характерних точок за формулою (2.3) визначаються випадкові величини x_p :

$$x_5 = \bar{x} + \tilde{\sigma}_x * \Phi_5 \quad (2.4)$$

$$x_{50} = \bar{x} + \tilde{\sigma}_x * \Phi_{50} \quad (2.5)$$

$$x_{95} = \bar{x} + \tilde{\sigma}_x * \Phi_{95} \quad (2.6)$$

з трьома невизначеними параметрами: $\bar{x}$, $\tilde{\sigma}_x$ та $\tilde{C}_s$. Параметр C_s входить у рівняння (2.4 -2.6) в силу того, що Φ_p є функцією C_s .

Для визначення коефіцієнта асиметрії використовується коефіцієнт скісності S , який функціонально пов'язаний з C_s .

Коефіцієнт скісності розраховується за такою формулою

$$\tilde{S} = \frac{x_5 + x_{95} - 2x_{50}}{x_5 - x_{95}} \quad (2.7)$$

Для отримання математичного виразу, який буде визначати середньоквадратичне відхилення, віднімаємо з лівої та правої частин рівняння (2.4) відповідні частини рівняння (2.6):

$$x_5 - x_{95} = \tilde{\sigma}_x (\Phi_5 - \Phi_{95}) \quad (2.8)$$

звідки

$$\sigma_x = \frac{x_5 - x_{95}}{\Phi_5 - \Phi_{95}} \quad (2.9)$$

Середнє арифметичне знаходять з рівняння (2.5)

$$\bar{x} = x_{50} - \sigma_x \Phi_{50} \quad (2.10)$$

Коефіцієнт варіації розраховується як

$$\bar{C}_v = \frac{\bar{\sigma}_x}{\bar{x}} \quad (2.11)$$

Якщо коефіцієнт скісності S від'ємний, то це свідчить про від'ємну асиметрію ($C_s < 0$) розподілу.

У таких випадках наведені в таблиці ординат кривої забезпеченості Пірсона III величини беруться з протилежним знаком:

$$\frac{x_p - \bar{x}}{\sigma_x} = -\Phi_p \quad (2.12)$$

для значень забезпеченості $P^* = 100 - P$ і при додатному значенні коефіцієнта асиметрії $C_s = |C_s|$.

Тоді

$$S^* = -S = \frac{2x_{50} - x_5 - x_{95}}{x_5 - x_{95}} \quad (2.13)$$

$$\bar{\sigma}_x = \frac{x_5 - x_{95}}{\Phi_5 - \Phi_{95}} \quad (2.14)$$

$$\bar{x} = x_{50} - \bar{\sigma}_x \Phi_5 \quad (2.15)$$

Зрозуміло, що хоч у графо-аналітичному методі розрахунків статистичних параметрів і використовується теоретичний закон розподілу, отримані статистичні характеристики є все ж таки тільки оцінками статистичних параметрів генеральної сукупності, бо вони спираються на емпіричну криву забезпеченості, побудовану за даними вибірок з генеральних сукупностей. Випадкові похибки обчислення статистичних параметрів визначаються за тими ж формулами, що і в методі моментів. [15]

2.2.3. Приведення коротких рядів до довгого періоду за методом лінійної парної регресії

Зв'язок між стоком досліджуваної річки та річки-аналога описується рівнянням лінійної парної регресії вигляду $y(x_i) = ax_i + b$, де y є стік річки з

недостатнім періодом спостережень n , а x - стік річки-аналога з довгим періодом спостережень $N \gg n$.

Значення коефіцієнтів рівняння визначаються за такими формулами:

$$a = r \frac{S_y}{S_x} = r \frac{S_{n'}}{S_n^a} \quad (2.16)$$

$$b = \bar{y} - ax = \bar{qn'} - a\bar{q_n^a} \quad (2.17)$$

де $S_{n'}$, S_n^a - середні квадратичні відхилення досліджуваного ряду та ряду річки - аналога за період сумісних спостережень n' ;

r - коефіцієнт кореляції між стоком двох рядів за період сумісних спостережень n' ;

$\bar{qn'}$, $\bar{q_n^a}$ - відповідні середні багаторічні значення стоку за період сумісних спостережень n' на досліджуваній річці та річці-аналогу;

n' - період сумісних спостережень.

Визначення коефіцієнта кореляції r , який є критерієм правильності вибору річки-аналога, виконується за формулою:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n'} (q_i - \bar{q}_{n'}) (q_i^a - \bar{q}_n^a)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n'} (q_i - \bar{q}_{n'})^2 \sum_{i=1}^{n'} (q_i^a - \bar{q}_n^a)^2}} \quad (2.18)$$

де q_i , q_i^a - величини стоку за період сумісних спостережень на досліджуваній річці та річці-аналогу в i -й момент часу;

n' - період сумісних спостережень.

Використання позначення n' замість n підкреслює той факт, що сумісний період спостережень може відрізнятись від довжини короткого ряду n , як правило $n' < n$ [3].

2.2.4. Метод коефіцієнтів

Наближене аналітичне визначення середньої багаторічної величини стоку за довгий період N здійснюють за “методом відношень” або методом коефіцієнтів, який базується на приблизній рівності модульних коефіцієнтів в

пункті з короткочасними спостереженнями і в пункті-аналогу за формулою вигляду:

$$k = \frac{q_n}{\bar{q}N} = \frac{q_{na}}{\bar{q}Na} \quad (2.19)$$

звідки

$$\bar{q}N = \frac{\bar{q}Na}{\bar{q}_{na}} \bar{q}_n \quad (2.20)$$

де $\bar{q}_n$, $\bar{q}_{na}$ - середні багаторічні величини стоку для досліджуваної річки та річки – аналогу за короткий період спостережень довжиною n відповідно;

де $\bar{q}N$, $\bar{q}Na$ - середні багаторічні величини стоку для досліджуваної річки та річки – аналога за тривалий період спостережень довжиною N відповідно[10].

2.3. Розрахунки річного стоку при відсутності даних спостережень

При відсутності систематичних вимірювань стоку і, відповідно, часових рядів норма стоку визначається непрямыми методами:

- за допомогою прямолінійної інтерполяції з використанням опорних пунктів;
- по картах ізолій річного стоку;
- на підставі регіональних залежностей від фізико-географічних факторів;
- за рівнянням водного балансу.

Найбільш поширені карти норми річного стоку (модуля або шару), які побудовані за даними вивчених річок [14].

2.3.1 Фактори формування річного стоку

Визначальний вплив на формування стоку річок мають кліматичні фактори. Стік за рік, за період весняної повені та дощових паводків залежить від атмосферних опадів. На річках України у весняну повінь через замикальні створи проходить 50-80 % річного стоку (В.І. Вишневський, 2000). Стійкість снігового покриву та його накопичення на початок весняного водопілля має чималу роль у формуванні й максимальних витрат води (Є.Д. Гопченко, О.В. Гушля, 1988). Проте у теплі зими, коли спостерігається незначне промерзання ґрунту та відбувається фільтрація талих вод у підстильну поверхню, річний стік може не зменшуватися за рахунок посиленого живлення з підземних вод (В.В. Гребінь, 2010)[8].

На формування стоку річок впливає підстильна поверхня (рельєф, лісистість, наявність озер та боліт, ґрунти та інше), які визначають умови стікання води у річки та формування втрат стоку.

Рельєф впливає на кількість, характер випадання та розподіл опадів по території водозбору, зміни температури повітря з висотою та умови стікання води по поверхні. Вплив рельєфу на кількість атмосферних опадів проявляється в тому, що із зростанням місцевості над рівнем моря до певної визначеної висоти кількість опадів збільшується.

Інша сторона впливу рельєфу на формування стоку пов'язана з нахилом річкової мережі та схилів. Чим сильніше розсічений рельєф водозбору, тим із більшою інтенсивністю стікає вода у річки. Тому за інших однакових умов на водозборах із значними висотами рельєфу хвиля весняної повені є більш різкою, а загальна тривалість повені зменшується у порівнянні із плоским рельєфом. На рівнинних водозборах зростають втрати стоку на затримання у пониженнях рельєфу та на фільтрацію у підстильну поверхню порівняно з гірськими водозборами. Втрати на затримання поверхневого стоку збільшуються на рівнинних водозборах зони недостатнього зволоження у порівнянні із зонами надлишкового та достатнього зволоження. Значне місце

у формуванні стоку річок відіграє орієнтація схилів. На навітряних схилах опадів випадає більше, ніж на підвітряних, а отже, і стік річок буде більшим[8].

Вплив лісу на формування стоку має складний характер. Деякі питання, пов'язані із гідрологічною роллю лісу, дотепер залишаються дискусійними. Лісистість і стік залежать від клімату. За однакових кліматичних умов і лісистості на формування стоку впливають геоморфологія, положення рівня підземних вод, фізичні і водні властивості ґрунтів і порід, склад та густота насаджень. З іншого боку, ліс збільшує кількість опадів внаслідок відмінностей у динамічній шорсткості лісових територій та непокритих лісом. З іншого боку, ліс кронами дерев затримує частину опадів, яка потім витрачається на випаровування. Причому втрати на випаровування через крони дерев більші, ніж на не залісених територіях. Значну роль відіграє вік лісу: молодий ліс витрачає на випаровування води більше ніж старий. Ліс також уповільнює процес танення снігу, що зумовлює тимчасове затримання у термінах настання весняного водопілля. Внаслідок високої інфільтраційної здатності лісових ґрунтів талі та дощові води інтенсивно переводяться з поверхневої у підземну форму схилового стоку. Тому внутрішньорічний розподіл стоку річок залісених водозборів має більш згладжений характер порівняно з не залісеними. Ліс у даному випадку виконує внутрішньорічний перерозподіл стоку та регулює режим формування стоку, здійснюючи водозахисну роль[7].

Геологічна будова підстильної поверхні зумовлює інтенсивність просочування атмосферних опадів до підземних водоносних горизонтів. Близьке до поверхні залягання водонепроникних порід у зонах надлишкового та достатнього зволоження сприяє заболочуванню.

Наявність карстових утворень, а саме їх зон живлення та розвантаження, може значно змінювати гідрологічний режим річок. У зоні розвантаження карстових утворень стік за інших однакових умов його

формування більший, ніж на інших водозборах, а у зоні живлення карсту – менший[8].

Вплив озер на водний режим річок проявляється по-різному. Проточні озера забезпечують природне зарегулювання стоку. У зоні недостатнього зволоження озера та штучні водойми здатні підвищувати втрати на випаровування, оскільки тут випаровування з водної поверхні значно перевищує випаровування з поверхні суші. Завдяки акумуляції води в озерах у багатоводні періоди та її спрацюванню у маловодні відбувається “вирівнювання” коливань стоку річок у багаторічному розрізі, яке називається природним зарегулюванням. Природне регулювання стоку, як і регулювання штучними водоймами, зменшує коефіцієнт варіації річного стоку.

Озера у верхів'ях річок створюють менший регулюючий ефект, ніж ті, що знаходяться у середній та нижній течіях річки. Проте, якщо річка бере початок з озера, то вона характеризується більш рівномірним ходом стоку в часі і меншими відхиленнями від середнього багаторічного значення. Штучні водойми у вигляді ставків та малих водосховищ можуть виконувати функцію внутрішньорічного регулювання стоку.

Наслідки впливу боліт розрізняються в залежності від їх виду та географічного положення. Верхові болота збільшують втрати на випаровування при формуванні річного стоку. Низові болота здебільшого виконують роль регулюючого чинника, який зменшує максимальні витрати весняної повені та дощових паводків й сприяє зростанню тривалості весняної повені і збільшенню стоку межені.

При переході від зони надлишкового зволоження до зони достатнього та недостатнього зволоження втрати на затримання та подальше випаровування з поверхні боліт та заболочених територій зростають, а регулююча роль зменшується.

Вплив людини на умови формування стоку насамперед проявляється у зміні чинників підстильної поверхні: вирубування лісів, осушування боліт,

створення штучних водойм, інтенсивне використання поверхневих та підземних вод, перекид стоку, зміна властивостей ґрунтів внаслідок сільськогосподарської діяльності. Такі чинники формування стоку одержали назву антропогенних. В останні десятиріччя до числа антропогенних чинників приєдналися наслідки глобального потепління, спричинені збільшенням концентрацій забруднювальних речовин у атмосфері. Глобальне потепління діє головним чином на кліматичні умови формування стоку, які, в свою чергу, зумовлюють перерозподіл водних ресурсів значних територій, включаючи нашу державу[3].

2.3.2 Метод географічних узагальнень

Метод географо-гідрологічних узагальнень використовують при недостатньою гідрологічної вивченості розрахункового водозбору або при відсутності даних спостережень. Географо-гідрологічні дослідження спрямовані на характеристику усереднених (на різному просторово-тимчасовому рівні) умов формування стоку. при цьому залучаються дані з інших водозборів, на які поширюється умова подібності особливостей формування стоку і підстильної поверхні. Для оцінки статистичних параметрів стоку невивчених, з точки зору вимірів стоку, водозборів розробляються розрахункові карти ізоліній, районів. Для обліку чинників підстильної поверхні, як правило, будуються емпіричні залежності, що зв'язують характеристики річкового стоку з кількісними показниками цих факторів. Фактори стоку традиційно діляться на зональні, а зональні і інтразональні (місцеві). Пов'язані з кліматом зональні фактори обумовлюють плавне і безперервне зміна характеристик стоку, просторове узагальнення яких представляється у вигляді карт ізоліній. Інтразональні і а зональні чинники викликають дискретність просторового розподілу характеристик стоку, яка при просторовому узагальненні знаходить своє вираження в районуванні території, тобто виділенні ділянок, в межах яких зональні

відмінності невеликі, що і дозволяє прийняти єдине значення розрахункового параметра або описати його єдиної розрахункової залежністю. азональні фактори пов'язані з розміром, формою і структурою конкретних водозборів і не залежать від географічного положення водозбору. вплив азональні факторів усувається за допомогою поправочних коефіцієнтів до порайонно або знятим з карти ізоліній значенням, в окремих випадках ці коефіцієнти можуть бути представлені у вигляді регіональних залежностей від морфометричних характеристик водозборів.

Основні завдання методу географічного узагальнення можна сформулювати наступним чином:

1. З'ясування доцільності географічних узагальнень.
2. З'ясування ступеня географічного узагальнення.
3. Вибір способу географічних узагальнень.
4. Оцінка меж географічного узагальнення.
5. Пошук доцільних і обґрунтованих форм опису просторового розподілу узагальнює параметрів річкового стоку (проблема картографування).

Вибір методу картографування характеристик стоку пов'язаний з проблемою співвідношення між впливом зональних і азональні чинників. У тих випадках, коли роль зональних чинників переважає, застосовується принцип географічної інтерполяції і будується карта ізоліній. При використанні методу районування передбачається, що в межах виділеного району спостерігається відносна однорідність стокоформуючих факторів. При гідрологічному районуванні слід враховувати масштаб районування, так як такі таксономічні одиниці, як фізико-географічний пояс, країна, зона, провінція, підзона не завжди знаходять своє відображення в масштабах гідрологічних районів. Справа в тому, що гідрологічне районування найчастіше спирається на переважний вплив якого-небудь одного фактора формування стоку, в той час як в фізико-географічному районуванні переважає принцип комплексності або ландшафтно-генетичний принцип [5].

2.3.3 Визначення коефіцієнтів варіації та асиметрії річного стоку при відсутності даних спостережень

Головною причиною коливань величин річного стоку є мінливість з року в рік кліматичних чинників, які пов'язані з особливостями циркуляції атмосфери. Коефіцієнт варіації C_v річного стоку є характеристикою багаторічної мінливості ряду стоку: чим більше значення коефіцієнта варіації, тим більший розмах коливань величин стоку відносно середнього багаторічного значення. Коефіцієнт варіації має обернену пропорцію по відношенню до середньої багаторічної величини стоку: чим більша величина стоку, тим менша його мінливість. У зоні надлишкового і достатнього зволоження значення коефіцієнтів варіації малі, при переході до зони недостатньої зволоженості вони зростають. Таким чином, коефіцієнт варіації певною мірою підлягає географічній зональності і може представлятись картою ізоліній.

На малих річках вплив чинників підстильної поверхні переважає вплив клімату, бо коефіцієнт варіації залежить від площі водозбору. Із зростанням площі водозбору коефіцієнт варіації, як правило, зменшується. Із зростанням площі водозбору стабілізується підземне живлення, згладжуються коливання стоку у різних частинах водозбору, зумовлені нерівномірністю залягання снігового покриву або випадіння опадів.

Значною мірою на мінливість річного стоку впливає природне регулювання стоку низинними болотами та проточними озерами.

У СНіП 2.01.14-83 для розрахунку коефіцієнтів варіації при відсутності даних спостережень для усієї території колишнього СРСР рекомендовано формулу узагальненого вигляду:

$$C_v = \frac{A_3}{\bar{q}^{0.4}(F + 1000)} \quad (2.21)$$

де A_3 - параметр, який визначається за даними річок-аналогів;

$\bar{q}$ - норма річного стоку, л/(с*км²).

При розробці розрахункових залежностей за моделлю регресії бажано використовувати як можливі предиктори середню багаторічну величину річного стоку q , площу водозбору F , озерність $f_{0з}$, заболоченість $f_{б}$, для гірських районів – середню висоту водозбору. Прикладом таких залежностей є рівняння, визначені для європейської частини колишнього СРСР:

- формула Д.Л. Соколовського

$$C_v = A_4 - 0,0631g(F + 1) \quad (2.22)$$

де A_4 - параметр, який був представлений картою ізоліній;

- формула Д.Л.Соколовського-М.Є.Шевельова[14]

$$C_v = 0,78 - 0,291g\bar{q} - 0,0631g(F + 1) \quad (2.23)$$

де A_4 за пропозицією М.Є.Шевельова записується у вигляді:

$$A_4 = 0,78 - 0,291g\bar{q} \quad (2.24)$$

- формула Д.Л.Соколовського-М.Є.Шевельова для озерних водоборів[6]:

$$C_v = 0,78 - 0,291g\bar{q} - 0,0631g(F + 1) - 0,081g(f_{0з} + 1). \quad (2.25)$$

2.3.4 Генетичний метод А. М. Бефані

Генетичний метод розглядає процес формування річного стоку за його генезисом, виділяючи поверхневу та підземну складові. Найпростішим способом їх визначення є метод розчленування гідрографів стоку. Метод в запропонував професор Одеського державного екологічного університету А.М. Бефані. Згідно з його вченням, інтразональні чинники по різному

впливають на ці складові. Озерність і заболоченість значуще діють на поверхневу складову. Залісеність впливає як на формування поверхневого, так і підземного стоку. Під дією лісу поверхневий стік зменшується, а підземний – зростає. Поверхневий стік у зоні надлишкового та достатнього зволоження від площі водозбору не залежить і лише у зоні недостатнього зволоження може зменшуватись на рахунок втрат на поверхневе затримання.

Підземна складова річного стоку пов'язана із дренаванням руслом річки водоносних горизонтів, а отже, стає залежною від площі водозбору. Площа водозбору служить індексом повноти підземного живлення [16].

Норма річного стоку представляється у такому вигляді

$$\bar{Y} = \bar{Y}_{\text{пов}} \gamma_{\text{л}}' \gamma_{\text{оз}}' \gamma_{\text{б}}' + \bar{Y}_{\text{підз}} \varphi \gamma_{\text{л}} \gamma_{\text{k}} \quad (2.26)$$

де $\bar{Y}_{\text{пов}}$ – середня багаторічна поверхнева складова річного стоку;

$\bar{Y}_{\text{підз}}$ - середня багаторічна підземна складова річного стоку;

$\gamma_{\text{л}}' \cdot \gamma_{\text{оз}}' \cdot \gamma_{\text{б}}'$ - коефіцієнти впливу лісу, озер, боліт на поверхневий стік відповідно;

$\gamma_{\text{л}} \cdot \gamma_{\text{k}}$ - коефіцієнт впливу лісистості та карсту на підземний стік;

φ - коефіцієнт, що показує, яка частина з норми фільтрації опадів U_0 надходить у підстильну поверхню (він ще має назву коефіцієнта повноти дренавання).

Коефіцієнт φ представлений А.М. Бефані апроксимуючим рівнянням багатоярусного підземного живлення:

$$\varphi = \text{th} \left(a \Gamma \sqrt[n_3]{\frac{F}{F_{1KP}}} - 1 \right) \quad (2.27)$$

де th - функція гіперболічного тангенсу;

$a\Gamma$ - гідрогеологічний параметр, рівний відношенню потужності усіх потоків підземних вод зони дренування по вертикалі до максимальної глибини дренування;

n_z - показник інтенсивності наростання підземного припливу;

F - площа водозбору, км^2 ;

F_{1KP} - перша критична площа (км^2) або площа, при якій гіперболічний тангенс дорівнює нулю, отже $\bar{Y}_{\text{підз}} = 0$.

Зростання підземного живлення із збільшенням площі басейну відбувається до певної межі, зумовленої місцевим базисом ерозії. Якщо відношення $\frac{F}{F_{1KP}}$ необмежено зростає, то гіперболічний тангенс наближається до одиниці, тобто підземне живлення дорівнює нормі інфільтрації U_0 .

Площа, при якій підземне живлення річок стабілізується, має назву другої критичної (F_{2KP}).

Якщо за розрахунками коефіцієнт φ наближається до одиниці ($\varphi > 0,99$), то водозбір з площею F може розглядатися як такий, що має стабільну норму підземного живлення, і норма річного стоку для нього встановлюється на основі карти ізоліній норм річного стоку.

Таким чином, зв'язки середніх багаторічних значень підземної складової річного стоку з площею водозбору можна описати такими рівняннями:

- при $F \leq F_{1KP}$

$$\bar{Y}_{\text{підз}} = 0 \quad (2.28)$$

- при $F_{1KP} < F < F_{2KP}$

$$\bar{Y}_{\text{підз}} = U_{0\text{тк}} \left(a\Gamma^{n_z} \sqrt{\frac{F}{F_{1KP}}} - 1 \right) \quad (2.29)$$

- при $F \geq F_{2KP}$

$$\bar{Y}_{\text{підз}} = U_0 \quad (2.30)$$

Перша критична площа є мінімальною площею, при якій виникає підземне живлення річки. За А.М. Бефані, річки з площами водозборів $F \leq F_{1KP}$ розглядаються як малі.

При відсутності будь-яких даних про першу критичну площу використовується емпірична формула

$$F_{1KP} \cong \frac{1}{\rho^2} \quad (2.31)$$

де ρ - коефіцієнт густини річкової мережі (км/км²)[16].

2.4. Розрахунки характеристик природного річного стоку за метеорологічними даними

Модель “клімат-стік”, розроблена в Одеському державному екологічному університеті, складається з двох частин. Перша частина дозволяє виконувати оцінку природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) річного стоку на основі метеорологічних даних, друга – оцінку побутового (перетвореного водогосподарською діяльністю) стоку. На вході у першу частину моделі використовуються метеорологічні дані, у другу – природний (непорушений водогосподарською діяльністю) річний стік та кількісні показники водогосподарських перетворень. Математичною базою першої частини є рівняння водно-теплогового балансу водозбору, другої – рівняння водогосподарського балансу водозбору, представлене у стохастичній (ймовірнісній) формі. Розглядається ланцюг послідовностей формування стоку: «клімат → кліматичний стік → підстильна поверхня → природний стік → водогосподарські перетворення → побутовий стік». Таким чином, вивчається та моделюється робота водогосподарської системи, яка підлягає зовнішнім (кліматичним) та внутрішнім (водогосподарським) впливам й певним чином реагує на цей вплив. У моделі використовується поняття «кліматичний стік», тобто стік, зумовлений кліматичними чинниками й розрахований за метеорологічними даними[17].

2.4.1 Метод водно-теплогового балансу

Можливості застосування водно-теплогового балансу до розрахунків норм природного (непорушеного господарською діяльністю) річного стоку відкриває перспективи передбачення стану природних водних ресурсів України в умовах зміни клімату, оскільки кліматичний стік визначається, насамперед, кліматичними факторами – зволоженістю та теплоенергетичними ресурсами клімату. Практичне значення розробленої карти ізолій норм природного річного стоку полягає в можливості оцінювання характеристик природного річного стоку будь-якої річки України незалежно від наявності чи відсутності даних спостережень за стоком. Уявлення про кліматичний стік як зональний, що відбиває вплив тільки кліматичних факторів, дозволив більш об'єктивно підійти до оцінки ролі клімату і факторів підстильної поверхні у формуванні річного стоку.

Аналіз коливань річного стоку традиційно виконувався за даними по великих річках, стік яких формується в декількох географічних зонах[18].

2.4.2 Методика розрахунків характеристик річного стоку за моделлю «клімат-стік»

В Одеському держаному екологічному університеті під керівництвом проф. Є.Д. Гопченка та проф. Н.С. Лободи[17] було розроблено метод визначення характеристик природного річного стоку на основі реалізації водно-теплогового балансу для території України. Для рівнинної території України були побудовані карти ізолій норм річних опадів, максимально можливого випаровування та кліматичного стоку на топографічній основі 1:500000 та визначені регіональні залежності цих характеристик від висоти місцевості для гірських територій (Українські Карпати та Гірський Крим).

Максимально можливе випаровування визначалося за даними актинометричних станцій.

На основі одержаних даних були розроблені емпіричні залежності, які показують зв'язок між розрахованими за значеннями E_m та температурами повітря. За розрахунками кліматичного стоку за даними минулих років були визначені залежності, які описують зв'язки між багаторічною мінливістю (коефіцієнтом варіації C_v) та нормою річного кліматичного стоку. Для визначення коефіцієнта асиметрії C_s виконано районування відношення C_s/C_v .

Просторо-часові узагальнення характеристик річного стоку, визначених за метеорологічними даними, відкривають можливості визначення статистичних параметрів річного природного стоку та значень стоку у роки різної водності при відсутності даних спостережень або при значній трансформації водогосподарською діяльністю. Установлено, що норми річного кліматичного стоку відповідають нормам зонального стоку річок. Точність визначення статистичних параметрів річного стоку за описаною моделлю знаходиться у межах точності розрахунків цих параметрів за даними гідрометричних спостережень.[17]

3. Визначення основних статистичних характеристик рядів річного стоку річок лісостепової зони в межах басейну Сіверського Донця

Математична статистика – це прикладна математична дисципліна, яка споріднена теорії ймовірностей. Задача математичної статистики полягає у тому, щоб на підставі властивостей деякої підмножини (вибірки) зробити висновки про властивості усієї множини в цілому. Уся множина в цілому має назву генеральної сукупності[4].

Основною задачею гідрологічних розрахунків є визначення величин стоку із заданими ймовірнісними характеристиками.

Для того, щоб отримати величини стоку заданої забезпеченості необхідно підібрати теоретичний закон розподілу, який найточніше описує емпіричний розподіл стокових величин, та визначити статистичні параметри, необхідні для практичного застосування цього закону. Під статистичними параметрами розуміємо параметри законів розподілу, які описують основні властивості статистичного розподілу випадкової величини.

Величини стоку завжди позитивні, а верхня границя їх значень не обмежена, отже, областю визначення теоретичного закону розподілу величин стоку повинна бути область $(0, \infty)$ [4].

Статистичні параметри стоку визначаються за рядами спостережень фазовооднорідних стокових величин.

Статистичні параметри, визначені по рядах спостережень, відрізняються від відповідних параметрів генеральної сукупності і називаються оцінками статистичних параметрів.

При відсутності чи недостатності даних спостережень для визначення статистичних параметрів розроблено додаткові спеціальні методи, які викладаються у наступних розділах[4].

3.1 Циклічність у коливання річкового стоку

Під поняттям циклічності багаторічних коливань стоку розуміють зміни водності, які характеризуються чергуванням маловодних та багатоводних угруповань різної тривалості та різної величини відхилення від середнього багаторічного значення стоку за період, що розглядається[13].

Дослідження динаміки багаторічних коливань стоку передбачає не лише аналіз їхньої циклічності, а й таких важливих сторін як синхронність або асинхронність, синфазність або асинфазність.

Для оцінки циклічних коливань гідрометеорологічних величин застосовують такі методи як: автокореляційний та спектральний аналіз; різницеві інтегральні криві; згладжування рядів спостережень шляхом ковзаючих n -річок, біноміальне осереднення.

Найприйнятнішим методом є різницева інтегральна крива, оскільки дозволяє чітко визначати межі фаз водності. Крім того, за аналізом різницевої інтегральної кривої можна простежити динаміку розвитку циклів водності щодо лінії часу та виявити якісну та кількісну тенденцію їхніх змін.

За однакових кліматичних умов та подібних елементів географічного ландшафту в близько розташованих річкових басейнах коливання водності річок зазвичай бувають синхронні. Однак, внаслідок різних синоптичних процесів, що обумовлюють неоднорідність випадіння атмосферних опадів по території та в часі, а також через різноманіття форм рельєфу та ґрунтів водозбору відповідність змін стоку різних річок може порушуватись [13].

Аналіз графіків різницевої інтегральної кривої (рис.3.1) показав, що всі досліджувані ряди мають синхронні коливання водності. Для більшості річок приблизно до 1977 року характерна маловодна фаза, з 1977 по 1992 - багатоводна фаза, а з 1993 року й по теперішній час триває маловодна фаза.

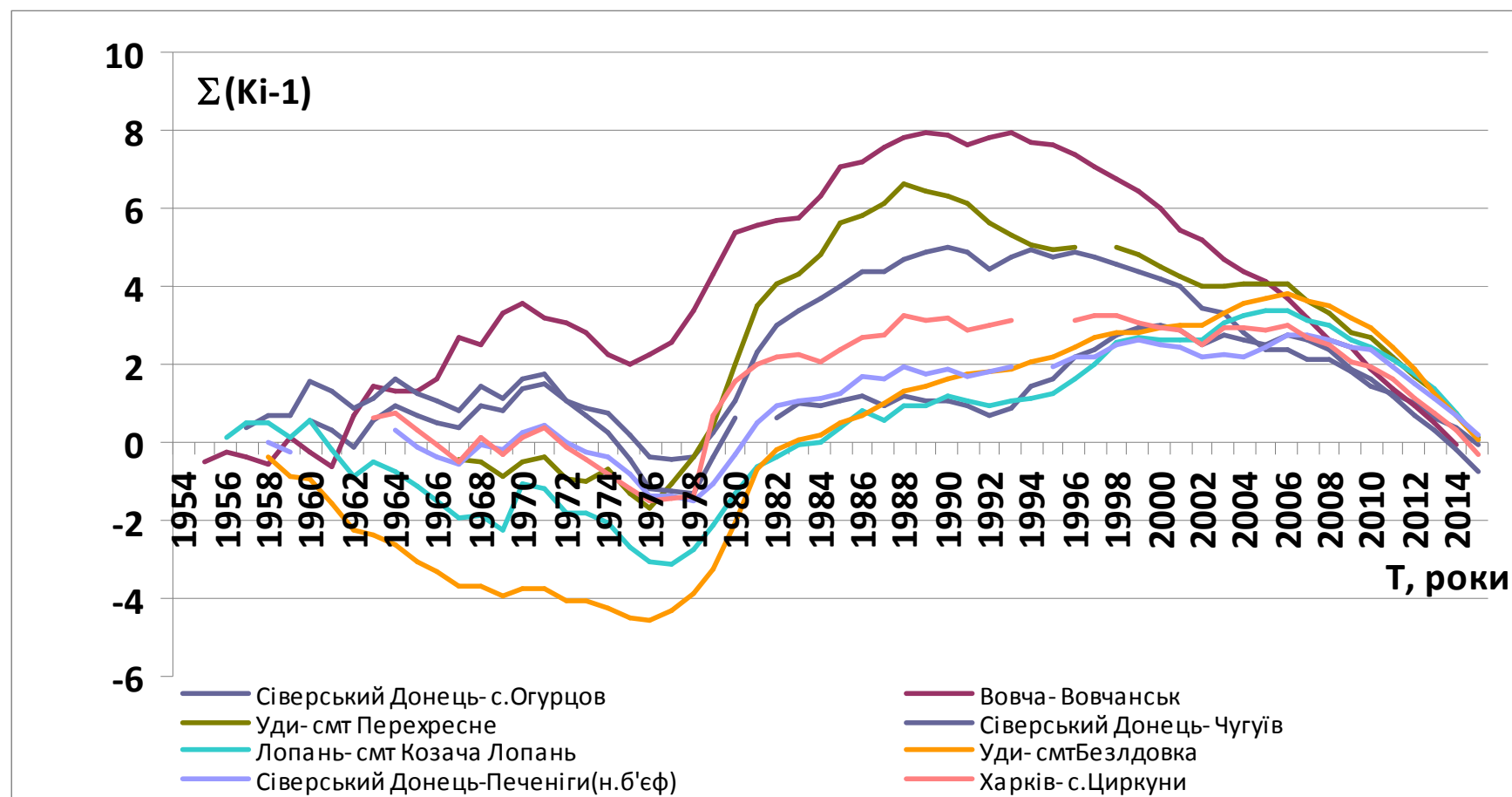


Рис.3.1 – Різницеві інтегральні криві річного стоку для річок лісостепової зони Сіверського Донця

3.1.1 Районування за синхронністю коливань стоку річок

Поняття циклічності коливань річного стоку зв'язується з поняттям синхронності[13].

Оскільки циклічність коливань річного стоку зумовлена коливаннями великомасштабних атмосферних процесів, які змінюються у часі і просторі, то закономірності коливань стоку не можуть бути однаковими на річках, розділених значними відстанями та різними умовами формування стоку, насамперед, кліматичними[13].

Синхронними називають коливання стоку річок, на яких спостерігається однаковий хід водності протягом всього інтервалу часу, а асинхронними - коливання стоку, які мають протилежний хід водності. Під синфазністю та асинфазністю стоку розуміють однаковий або протилежний хід коливань по періодах водності (по групах багатоводних та маловодних років)[4].

Кількісною мірою синхронності коливань стоку є коефіцієнт кореляції між двома рядами з однаковим періодом спостережень. Коливання вважаються синхронними, якщо коефіцієнт кореляції перевищує 0,7 (СНіП 2.01.14-83), й синфазними, коли коефіцієнт кореляції менший за 0,7, але більший за 0,4. Якщо коефіцієнт кореляції менший за 0,4 коливання вважаються несинфазними (Є.П. Шкільний, І.Д. Лосєва, Л.Д. Гончарова, 1999).

У сучасності для аналізу синхронності коливань гідрологічних величин використовуються методи багатовимірної статистичної аналізу (СНіП 2.01.14-83). Так, Н.С. Лободою за допомогою факторного аналізу та методу головних компонент виконано районування території України за синхронністю коливань стоку (Н.С. Лобода, 2005). Виділено два райони: Західний (I) та Східний (II).

Ефективним методом виявлення проявів синхронності чи синфазності коливань річного стоку є побудова суміщених графіків різницевої

інтегральних кривих стоку та графіків лінійного зв'язку із визначенням коефіцієнтів кореляції.

Об'єктом наших досліджень є річка Сіверський Донець, за Н. С. Лободою (рис.3.2), ми виявили що річка Сіверський Донець знаходиться у II районі (Східний) у підрайоні IIб, а також за допомогою суміщених графіків різницевого інтегральних кривих ми зробили висновки, що досліджувана територія є синхронна.

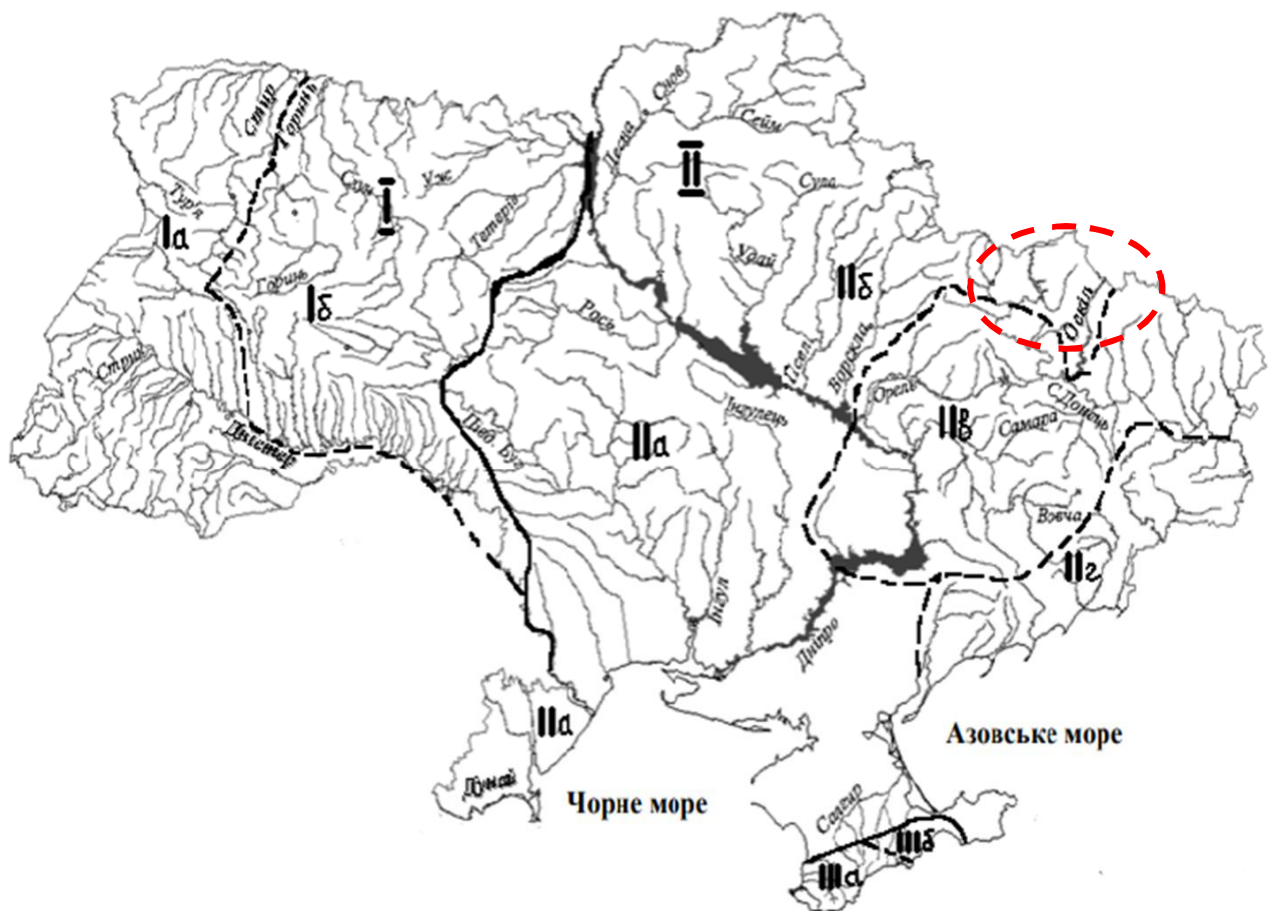


Рис. 3.2 - Карта-схема районів із синфазними коливаннями річного стоку річок України [4]

3.2. Обчислення норми стоку при тривалих рядах спостережень

Визначення розрахункових гідрологічних характеристик при наявності даних гідрометричних спостережень достатньої тривалості відбувається шляхом застосування аналітичних функцій розподілу щорічних ймовірностей перевищення заданих величин стоку.

Тривалість спостережень вважається достатнім, якщо розглядуваний період репрезентативний, а відносна середньоквадратична похибка розрахункового значення досліджуваної гідрологічної характеристики не перевищує 10 % для річного і сезонного стоку та 20 % – для максимального й мінімального стоку[11].

Репрезентативність ряду спостережень за гідрологічною характеристикою необхідно визначати за відносною середньоквадратичною похибкою визначення середнього значення ряду та циклічністю коливань стоку, яку установлюють на основі аналізу різницевих інтегральних кривих. Середня арифметична величина річного стоку має бути сталою у часі, відносна середньоквадратична похибка розрахункового значення досліджуваної гідрологічної характеристики не перевищуватиме 10 %, а період коливань включатиме до себе не менше двох циклів [4]. З табл.

3.1 ми бачимо, що середні значення модулів річного стоку коливаються в межах від 1,003 л/с*км² до 4,793 л/с*км². Коефіцієнти варіації C_v коливається у межах від 0,204 до 0,665. Коефіцієнт асиметрії C_s коливається від -1,918 до 2,136, а коефіцієнт автокореляції R_1 змінюється в межах від -0,135 до 0,79.

З табл. 3.2 ми бачимо, що середні значення q коливаються в межах від 1,003 л/с*км² до 4,793 л/с*км². Коефіцієнт варіації C_v коливається в межах від 0,205 до 0,676. А також співвідношення коефіцієнтів варіації і асиметрії C_s/C_v коливається в межах від 0,8 до 23,5.

Таблиця 3.1 – Розрахунок статистичних параметрів рядів річного стоку за методом моментів (в межах лісостепової зони Сіверського Донця)

№ п/п	Річка - пост	N, років	q, л/с*км ²	Cv	Cs	(R1)
1	Сіверський Донець-Зміїв	90	2,66	0,346	0,637	0,274
2	Сіверський Донець-Дальні Піски	35	3,188	0,32	0,329	0,189
3	Сіверський Донець-с.Огурцово	56	2,847	0,391	0,937	0,527
4	Сіверський Донець-Чугуїв	58	1,816	0,416	0,509	0,412
5	Вовча-Вовчанськи	61	2,502	0,471	0,969	0,494
6	Лопань- смт Козача Лопань	60	3,193	0,398	0,363	0,358
7	Сіверський Донець- Печеніги(н. б'єф)	53	2,725	0,314	0,45	0,443
8	Харків- с. Циркуни	51	2,767	0,451	2,136	0,352
9	Уди- смт Перехресне	48	2,858	0,498	1,362	0,706
10	Уди- смт Безлюдовка	58	4,793	0,395	0,874	0,79
11	р. Болховець- м. Белгород	31	2,351	0,518	0,871	0,242
12	Сіверський Донець- Кісельово	19	3,265	0,414	0,596	0,28
13	Нежеголь- Щебекіно	30	3,288	0,395	0,826	0,146
14	Нежеголь- Більшетроїцьке	21	3,242	0,465	0,471	0,104
15	Короча - м. Короча	19	3,273	0,569	1,022	0,238
16	Бабка - с. П'ятницьке	21	2,24	0,395	0,45	-0,135
17	Оскол-м. Старий Оскол	25	4,055	0,274	0,181	0,43
18	Осколець- м. Старий Оскол	34	4,554	0,303	0,101	0,25
19	Оскол- сл. Ніновка	13	3,301	0,341	0,696	0,057
20	Оскол- р.п. Раздольє	13	3,285	0,374	0,58	0,042
21	Оскол- м. Куп'янск	43	2,827	0,302	0,818	0,168
22	Оскол- с. Червоний Оскол	38	2,705	0,366	0,801	0,305
23	Сіверський Донець- с. Яремівка	30	2,792	0,278	0,299	-0,292
24	Сіверський Донець-м. Ізюм	30	2,653	0,204	0,086	0,503
25	Рбритай-с. Тихопольє	22	1,003	0,665	1,609	0,117

Таблиця 3.2 – Розрахунок статистичних параметрів рядів річного стоку за методом найбільшої правдоподібності (в межах лісостепової зони Сіверського Донця

№ п/п	Річка - пост	N, років	q, л/с*км ²	Cv	Cv/Cs
1	Сіверський Донець-Зміїв	90	2,66	0,344	1,9
2	Сіверський Донець-Дальні Піски	35	3,188	0,319	1,2
3	Сіверський Донець-с.Огурцово	56	2,847	0,39	2,6
4	Сіверський Донець- Чугуїв	58	1,816	0,415	1,3
5	Вовча- Вовчанськ	61	2,502	0,47	2,2
6	Лопань- смт Козача Лопань	60	3,193	0,397	1
7	Сіверський Донець-Печеніги(н.б'єф)	53	2,725	0,313	1,5
8	Харків- с.Циркуни	51	2,767	0,453	5,9
9	Уди- смт Перехресне	48	2,858	0,495	3,1
10	Уди- смтБезлдовка	58	4,793	0,394	2,3
11	р.Болховец- м.Белгород	31	2,351	0,521	1,9
12	Сів.Донець- Кісельово	19	3,265	0,416	1,7
13	Нежеголь- Щебекіно	30	3,288	0,396	2,3
14	Нежеголь- Більшетроїцьке	21	3,242	0,468	1,1
15	Короча- м.Короча	19	3,273	0,576	2,2
16	Бабка- с. П'ятницьке	21	2,24	0,396	1,3
17	Оскол-м.Старий Оскол	25	4,055	0,275	0,9
18	Осколець-м.Старий Оскол	34	4,554	0,303	0,6
19	Оскол-сл.Ніновка	13	3,301	0,344	2,5
20	Валуї-м.Валуїки	4	1,82	0,373	23,5
21	Оскол-р.п.Раздольє	13	3,285	0,377	1,9
22	Оскол-м. Куп'янск	43	2,827	0,297	3
23	Оскол-с. Червоний Оскол	38	2,705	0,366	2,4
24	Сів.Донець- с. Яремівка	30	2,792	0,278	1,2
25	Сіверський Донець- м.Ізюм	30	2,653	0,205	0,8
26	Бритаї- с. Тихопольє	22	1,003	0,676	3,3

Точність статистичних параметрів часових рядів наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.3 – Точність статистичних параметрів часових рядів

Річка - пост	N, років	Cv	ε_q , %	ε_{Cv} , %	ε_{Cs} , %
Сіверський Донець-Зміїв	90	0,346	3,6	7,9	0,54
Сіверський Донець - Дальні Піски	35	0,32	5,4	12,4	1,62
Сіверський Донець-с.Огурцово	56	0,391	5,2	10	0,5
Сіверський Донець- Чугуїв	58	0,416	5,5	9,9	0,93
Вовча- Вовчанськ	61	0,471	6	9,9	0,52
Лопань- смт Козача Лопань	60	0,398	5,1	9,7	1,26
Харків- с.Циркуни	51	0,451	6,3	10,7	0,25
Уди- смт Перехресне	48	0,498	7,2	11,2	0,43
Уди- смтБезлдовка	58	0,395	5,2	9,9	0,53
р.Болховец- м.Белгород	31	0,518	9,3	10,9	0,87
Сіверський Донець- Кісельово	19	0,414	9,5	14,5	1,39
Нежеголь- Щебекіно	30	0,395	7,2	11,8	0,78
Нежеголь- Більшетроїцьке	21	0,465	10,1	13,4	1,81
Короча- м.Короча	19	0,569	13,1	13,2	1,02
Бабка- с. П'ятницьке	21	0,395	8,6	13,9	1,7
Оскол-м.Старий Оскол	25	0,274	5,5	13,5	3,29
Осколець-м.Старий Оскол	34	0,303	5,2	11,5	5,25
Оскол-сл.Ніновка	13	0,341	9,5	17,9	1,3
Оскол-р.п.Раздольє	13	0,374	10,4	17,6	1,63
Оскол-м. Куп'янск	43	0,302	4,6	10,2	0,58
Оскол-с. Червоний Оскол	38	0,366	5,9	10,6	0,68
Сів.Донець- с. Яремівка	30	0,278	5,1	12,3	1,83
Сів.Донець- м.Ізюм	30	0,204	3,7	12,6	5,83
Бритаї- с. Тихопольє	22	0,665	14,2	11,6	0,7
Середнє			7,6	12,7	1,4

3.3. Розрахунки статистичних параметрів стоку при недостатній кількості матеріалів спостережень за стоком

Процедурою “приведення” характеристик коротких рядів стоку до тривалого періоду називають уточнення цих характеристик, що виконується на базі даних про стік інших річок із схожими умовами формування стоку називають річками-аналогами.

Приведення виконується, якщо відносні середні квадратичні похибки визначення статистичних параметрів рядів стоку перевищують допустимі границі. “Приводитися” до довгого періоду можуть статистичні характеристики рядів стоку, визначені по обмежених у часі даних.

Процедура “приведення” статистичних параметрів до багаторічного періоду відбувається на основі даних по річках-аналогах, на яких організовані довготривалі спостереження за стоком й ці ряди відповідають вимогам репрезентативності (СНіП 2.01.14-83).

Приведення виконується шляхом установлення зв’язку між величинами стоку одночасно на двох річках – із коротким та із довгим періодами спостережень. Річка із довгим рядом і є «річкою-аналогом».

При виборі річки-аналога необхідно дотримуватись виконання таких умов:

- розглядувана річка та річка-аналог розташовані у безпосередній географічній близькості;
- установлена схожість кліматичних умов для водозборів;
- установлена однорідність умов формування стоку;
- доведена синхронність коливань річного стоку на досліджуваних водозборах;
- площі водозборів не повинні відрізнятися більше ніж в 10 разів, а їх середні висоти (для гірських річок) більше чим на 300 м;

- має бути доведена відсутність статистично значущого антропогенного впливу на стік;
- період спільних спостережень за стоком на досліджуваних річках повинен бути не меншим за 10 років.

Приведення до багаторічного (довгого або тривалого) періоду виконується за графічною залежністю або з використанням її аналітичного опису за моделлю множинної або парної лінійної регресії.

Криволінійні залежності між величинами стоку річок із коротким та довгим періодами спостережень використовуються лише у тих випадках, коли така залежність спирається на достатньо велику кількість точок і пояснюється особливостями коливань стоку на цих річках. Найчастіше використовуються лінійні зв'язки.

При лінійному зв'язку об'єктивним критерієм правильності вибору річки-аналога є досить тісний зв'язок між величинами стоку розглядуваного ряду та ряду річки-аналога за період спільних спостережень, який має характеризуватися коефіцієнтом кореляції $r \geq 0.7$.

Основою “приведення” коротких рядів до довгого періоду є графічний метод [4].

Таблиця 3.4 – Середньорічні модулі стоку р. Короча – м.Короча спостережень 1961-1980 рр. та р. Нежеголь – Щебекіно 1949 – 1980 рр.

№ п/п	Рік	Модуль стоку q л/с $км^2$ р. Короча - м. Короча	Модуль стоку q л/с $км^2$ р. Нежеголь - р. Щебекіно
1	1961	1,9	2,44
2	1962	1,24	1,82
3	1963	3,33	6,52
4	1964	4,13	4,83
5	1965	2,78	2,3
6	1966	2,67	2,63
7	1967	3,6	3,2

продовження таблиці 3.4

8	1968	6,48	5,31
9	1969	2,91	2,73
10	1970	5,74	4,72
11	1971	4,29	3,66
12	1972	1,53	1,74
13	1973	2,12	2,34
14	1974	2,49	2,53
15	1975	1,01	1,38
16	1976	1,4	1,73
17	1977	2,09	2,84

Середньо квадратична похибка становить 13,1 % на р. Короча – м. Короча.

Значення σ_q більше за припустиме, тому необхідно приведення ряду до багаторічного періоду.

Відповідно до графічного способу будується залежність середньорічних модулів стоку розрахункової річки р. Короча – м. Короча та річки-аналога р. Нежеголь – м. Щебекіно за період з 1961 по 1977 рр. (рис.3.3).

По графіку зв'язку (рис.2.3) при $\bar{q}^a = 4,00 \frac{\text{л}}{\text{с км}^2}$ норма річного стоку р. Короча – м. Короча становить $\bar{q} = 3,72 \frac{\text{л}}{\text{с км}^2}$

Коефіцієнт варіації дорівнює (при $A = \tan \alpha = 0.92$).

$$Cv = A \frac{q^a}{q} Cv^a = 0.92 \cdot \frac{4.00}{3.72} \cdot 0.395 = 0.39$$

Похибка норми річного стоку короткого ряду, приведенного до багаторічного періоду за допомогою графіків зв'язку, розраховується за формулою:

$$\sigma_{\bar{q}_n} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{7.21^2 + 5.81^2} = 9.26$$

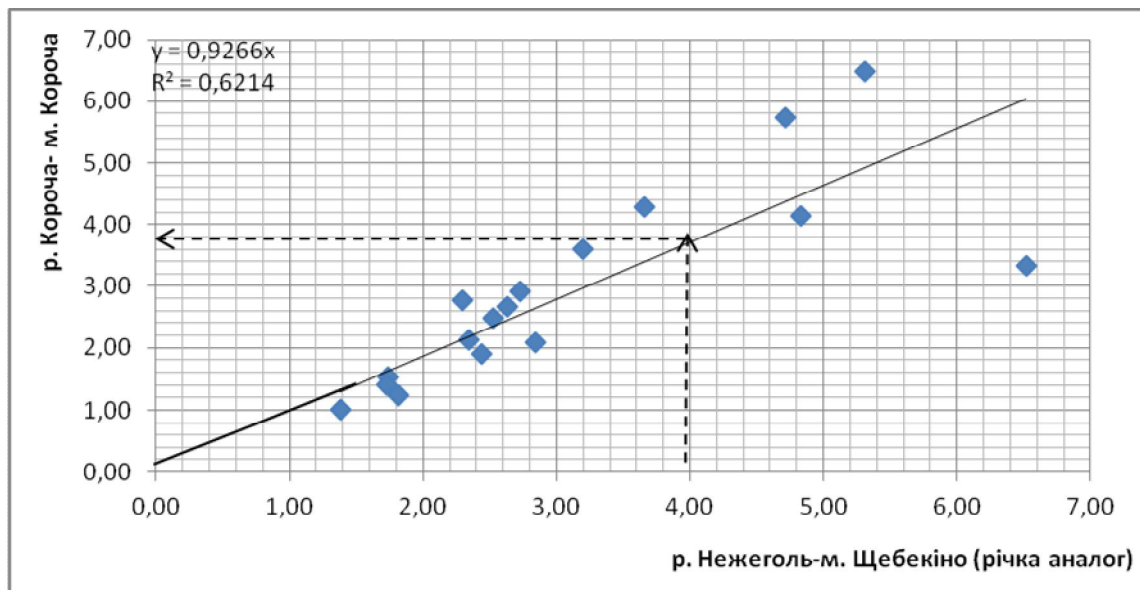


Рис. 3.3 Графік зв'язку р. Короча -м. Короча та річки аналогу Нежеголь – м. Щебекіно

σ_2 - похибка кореляції стоку за період спільних спостережень, обчислена за рівнянням:

$$\sigma_2 = \frac{Cv\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n}} = \frac{0,39\sqrt{1-0,62}}{\sqrt{17}} = 0,058 * 100\% = 5,8\%$$

Похибка норми стоку приведенного ряду складає: 9,26%. Робимо висновок, що річка аналог була правильно підібрана.

Таблиця 3.5 – Середньорічні модулі стоку р. Бритаї – с. Тихопол'є спостережень 1963-1989 рр. та р. Оскол – м. Старий Оскол 1943 – 1987 рр.

№ п/п	Рік	Модуль стоку q л/с/км ² р. Бритаї - с. Тихопол'є	Модуль стоку q л/с/км ² р. Оскол - м. Старий Оскол
1	1977	1,04	2,6
2	1978	0,98	3,15
3	1979	1,41	4,78
4	1980	0,94	5,28
5	1981	0,57	4,85
6	1982	0,45	5,62
7	1983	0,34	4,01

8	1984	0,32	2,6
9	1985	0,96	2,35
10	1986	0,9	4,24
11	1987	0,65	3,19

Середньо квадратична похибка становить 14,2 % на р. Бритай – с. Тихопол'є.

Відповідно до графічного способу будується залежність середньорічних модулів стоку розрахункової річки р. Бритай – с. Тихопол'є та річки-аналога р. Оскол – м. Старий Оскол за період з 1977 по 1987 рр. (рис.3.4).

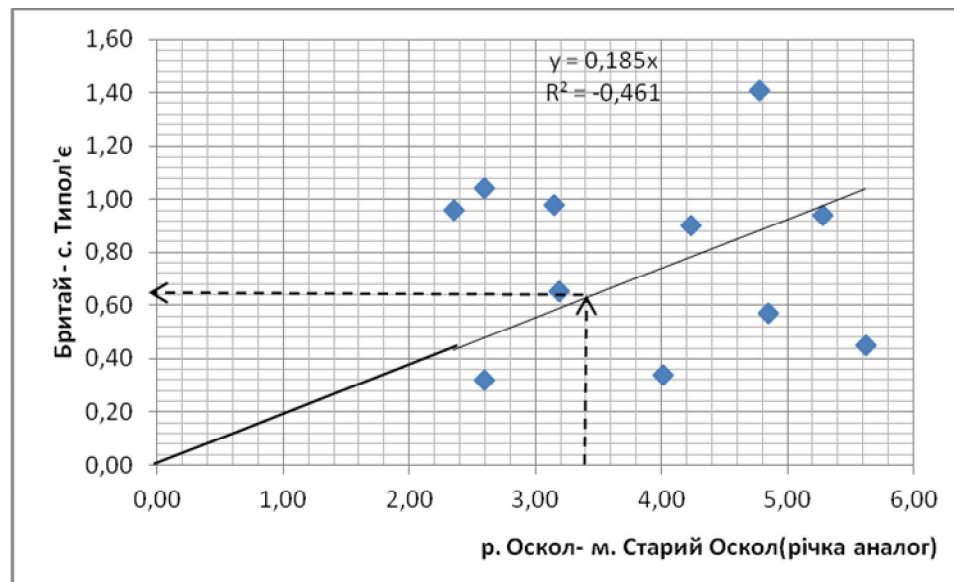


Рис. 3.4 Графік зв'язку р.Бритай- с.Тихопол'є та річки аналогу Оскіл – м. Старий Оскіл

По графіку зв'язку (рис.3.2) при $\bar{q}^a = 3,40 \frac{\text{л}}{\text{с км}^2}$ норма річного стоку р.

Короча – м. Короча становить $\bar{q} = 0,62 \frac{\text{л}}{\text{с км}^2}$

Коефіцієнт варіації дорівнює (при $A = \tan \alpha = 0.185$).

$$Cv = A \frac{q^a}{q} Cv^a = 0.185 \cdot \frac{3,40}{0,62} \cdot 0,569 = 0,58$$

Похибка норми річного стоку короткого ряду, приведеного до багаторічного періоду за допомогою графіків зв'язку, розраховується за формулою:

$$\sigma_{\bar{q}_n} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{5,5^2 + 12,8^2} = 13,9\%$$

де σ_1 - похибка обчислення норми річного стоку річки-аналога;

σ_2 - похибка кореляції стоку за період спільних спостережень, обчислена за рівнянням:

$$\sigma_2 = \frac{Cv\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n}} = \frac{0,58\sqrt{1-0,46}}{\sqrt{11}} = 0,128 * 100\% = 12,8\%$$

Похибка норми стоку приведенного ряду складає: 13,9 %, що не суттєво менше ніж було, але іншого аналогу підібрати не вдалось.

4. Дослідження впливу зональних та інтразональних факторів на річний стік річок лісостепової зони в межах басейну Сіверського Донця

4.1. Розробка методики розрахунків статистичних параметрів стоку річок, на яких відсутні спостереження за стоком

При відсутності систематичних вимірювань стоку і, відповідно, часових рядів норма стоку визначається непрямыми методами:

- за допомогою прямолінійної інтерполяції з використанням опорних пунктів;
- по картах ізолій річного стоку;
- на підставі регіональних залежностей від фізико-географічних факторів;
- за рівнянням водного балансу.

Найбільш поширені карти норми річного стоку (модуля або шару), які побудовані за даними вивчених річок [14].

4.2. Вияв головних факторів, що формують річний стік та його мінливість

Як відомо на величину річного стоку істотний вплив можуть надати місцеві чинники. До таких факторів, перш за все, відносяться залісеність водозборів, заболоченість, наявність великих озер і водосховищ (озерність), закарстованість території. Істотний вплив може також надати висота місцевості.

Тому, перш ніж приступити до узагальнення норми річного стоку, було досліджено можливий вплив місцевих факторів. Як показано в табл.1.2, з перерахованих вище факторів для басейну Сіверського Дінця має сенс досліджувати вплив площі водозборів, залісеності і висоти місцевості. З цією метою побудовано залежності 4.1 - 4.3. Як видно з цих рисунків,

площа водозбору і фактор наявності лісу впливають на норму стоку знижуючи її величини, що стосується висоти місцевості, то простежується зростання норми річного стоку зі збільшенням висоти. Однак висота місцевості в межах басейну змінюється в невеликому діапазоні - від 140 до 250м і в широтному напрямку, що добре ілюструє рис.4.2.

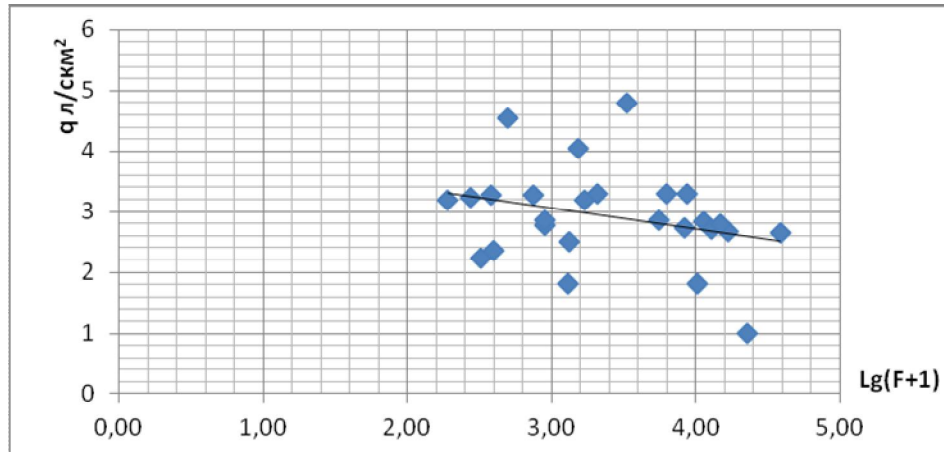


Рис. 4.1 – Графік зв'язку середніх модулів стоку від площі водозборів річок в межах лісостепової зони Сіверського Донця

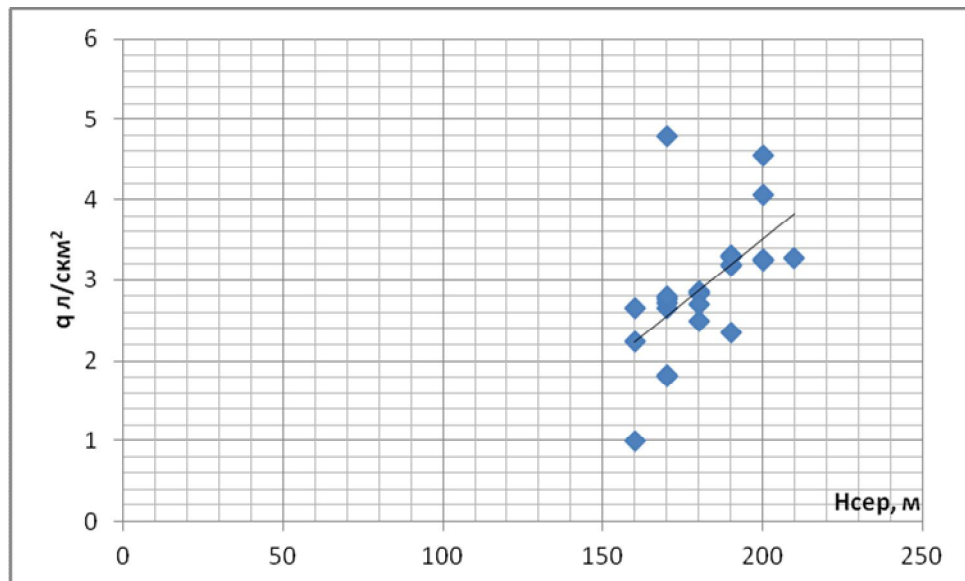


Рис. 4.2 – Графік зв'язку середніх модулів стоку від середньої висоти водозборів річок в межах лісостепової зони Сіверського Донця

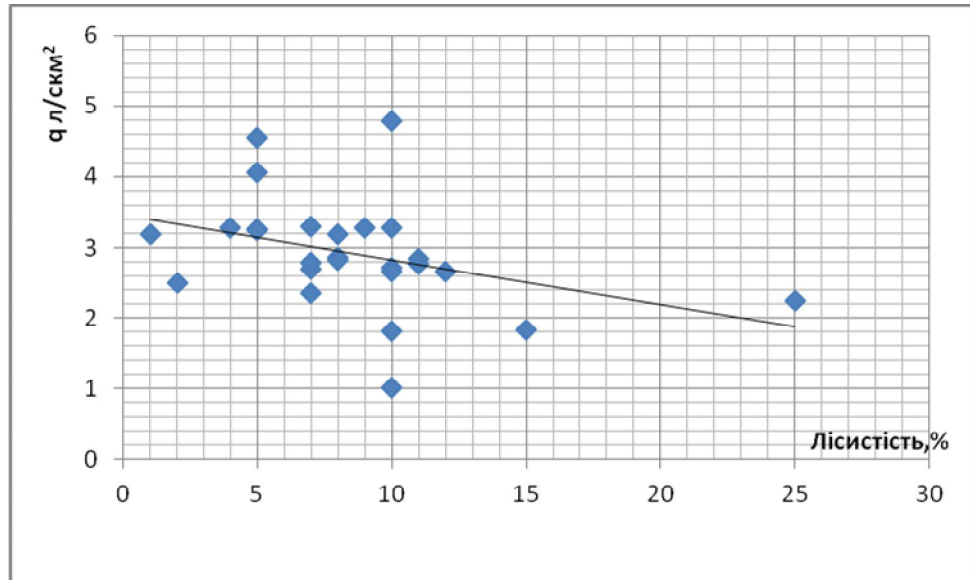


Рис. 4.3 – Графік зв'язку середніх модулів стоку від залісеності водозборів річок в межах лісостепової зони Сіверського Донця

Тому нами була побудована залежність норми стоку від широти місцевості, яка в цьому районі є більш суттєвим фактором, ніж висота. Як показано на рис.4.4 спостерігається чітке збільшення норми стоку з півдня на північ.

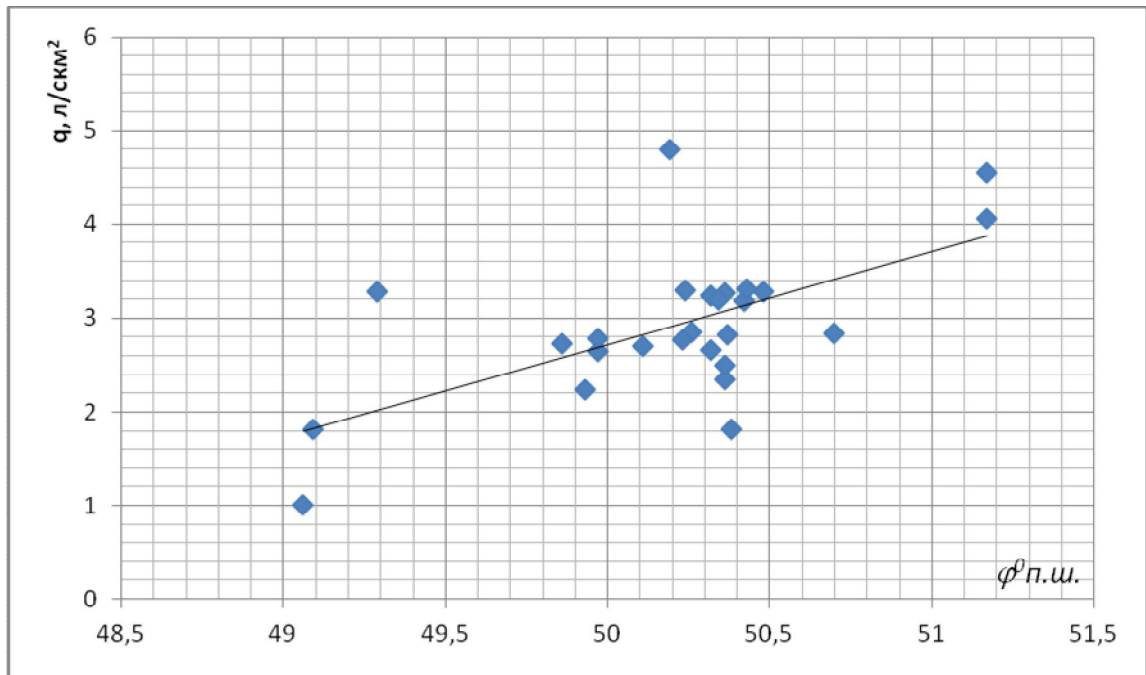


Рис. 4.4 – Графік зв'язку середніх модулів стоку від широти центрів тяжіння водозборів річок в межах лісостепової зони Сіверського Донця

Враховуючи те що на досліджувану величину норми стоку у розглядуваному районі впливають низка факторів, то для узагальнення цієї величини застосовано метод множинної регресії. Результати розрахунку в середовищі Excel- пакет аналізу – регресія представлені у таблиці 4.2

Таблиця 4.1 – Результати застосування методу множинної регресії до характеристик річного стоку в межах лісостепової зоно басейну Сіверського Донця

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,701204745
R-квадрат	0,491688094
Нормированный R-квадрат	0,394866779
Стандартная ошибка	0,616830948
Наблюдения	26
	Коэффициенты
Y-пересечение	-32,28377393
Переменная X 1	0,591237786
Переменная X 2	0,209151147
Переменная X 3	0,025930843
Переменная X 4	0,017446623

В табл.4.1 в якості Y прийнята норма стоку, а в якості змінних такі: X1- широта місцевості, X2 – площа водозбору, X3- висота місцевості, X4- залісеність водозбору. Як показано табл.4.1, множинний коефіцієнт кореляції становить 0,7 та є значущим, отже результати можна використовувати для визначення норми стоку. Розрахункове рівняння представлене нижче:

$$q=0,59*\varphi+0,209*Lg(F+1)+0,025*H_{cp}+0,017*f_l-32,28, \quad (4.1)$$

де - φ – широта геометричного центру тяжіння водозбору; $Lg(F+1)$ – логарифм площі водозбору; H_{cp} – середня висота водозбору; f_l – залісеність водозбору.

Результати розрахунку норми стоку за рівнянням (4.1) представлені в табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок норми річного стоку в межах лісостепової зоно
басейну Сіверського

Річка-пост	q , л/с*км ²	$\varphi^n_{п.ш}$	Lg(F+1)	Нср, м	fl, %	$Q_{розр}$, л/с*км ²	Δ , %
Сіверський Донець- Кісельово	3,27	50,36	2,87	200	5	3,12	4,53
Сіверський Донець- Дальні піски	3,19	50,42	3,23	190	8	3,03	4,99
Сіверський Донець- с.Огурцов	2,85	50,7	3,74	180	11	3,10	8,97
Сіверський Донець- Печеніги(н.б'єф)	2,73	49,86	3,92	170	10	2,38	12,75
Сіверський Донець- Зміїв	2,66	50,32	4,22	170	12	2,74	3,19
Сіверський Донець- м.Ізюм	2,65	49,97	4,35	160	10	2,28	13,97
Сіверський Донець- с. Яремівка	2,79	49,97	4,58	160	10	2,33	16,54
р.Болховец- м.Белгород	2,35	50,36	2,60	190	7	2,84	20,97
Нежеголь- Більшегроїцьке	3,24	50,32	2,44	200	5	3,00	7,35
Нежеголь- Щебекіно	3,29	50,24	3,32	190	10	2,97	9,53
Короча- м.Короча	3,27	50,48	2,58	210	4	3,36	2,66
Вовча- Вовчанськ	2,50	50,36	3,12	180	2	2,62	4,69
Бабка- с. П'ятницьке	2,24	49,93	2,51	160	25	2,13	4,96
Уди- смт Перехресне	2,86	50,26	2,96	180	8	2,63	8,07
Лопань- смт Козача Лопань	3,19	50,34	2,28	190	1	2,66	16,57
Харків- с.Циркуни	2,77	50,23	2,95	170	11	2,41	12,93
Бритаї- с. Тихопольє	1,00	49,06	3,01	150	0	1,04	4,12
Оскол-м.Старий Оскол	4,06	51,17	3,19	200	5	3,66	9,70
Оскол-сл.Ніновка	3,30	50,43	3,80	190	7	3,14	4,99
Оскол-р.п.Раздольє	3,29	49,29	3,94	190	9	2,53	23,08
Оскол-м. Куп'янск	2,83	50,37	4,10	180	7	2,92	3,11
Оскол-с. Червоний Оскол	2,71	50,11	4,17	170	7	2,52	6,66
Осколець-м.Старий Оскол	4,55	51,17	2,69	200	5	3,56	21,86
Валуй-м.Валуйки	1,82	49,09	3,11	170	15	1,84	1,00
							±9,47%

Примітка: в розрахунок не включені дані постів р.Сіверський Донець-Чугуєв та р.Уди-сmt Безлюдівка стік яких є зарегульованим.

Як видно з табл.4.2 точність розрахунку за рівнянням (4.1) не перевищує 10%, отже його можна рекомендувати для визначення норми стоку невивчених в гідрологічному відношенні річок в межах лісостепової зони басейну Сіверського Донця.

Дослідження факторів мінливості річного стоку. Як вже було відмічено вище, крім норми стоку ще однією характеристикою річного стоку є його мінливість, яку характеризує коефіцієнт варіації C_v , а також співвідношення C_s/C_v . З метою виявлення факторів, які впливають на ці характеристики досліджено їх можливі залежності від самої норми стоку, площі водозборів та їх залісеності. Графіки зв'язку між коефіцієнтами варіації та вищезгаданими факторами представлені на рис.4.5 – 4.7. Оскільки в усіх випадках отримані залежності є значущими, то аналогічно з нормою стоку було застосовано метод множинної регресії.

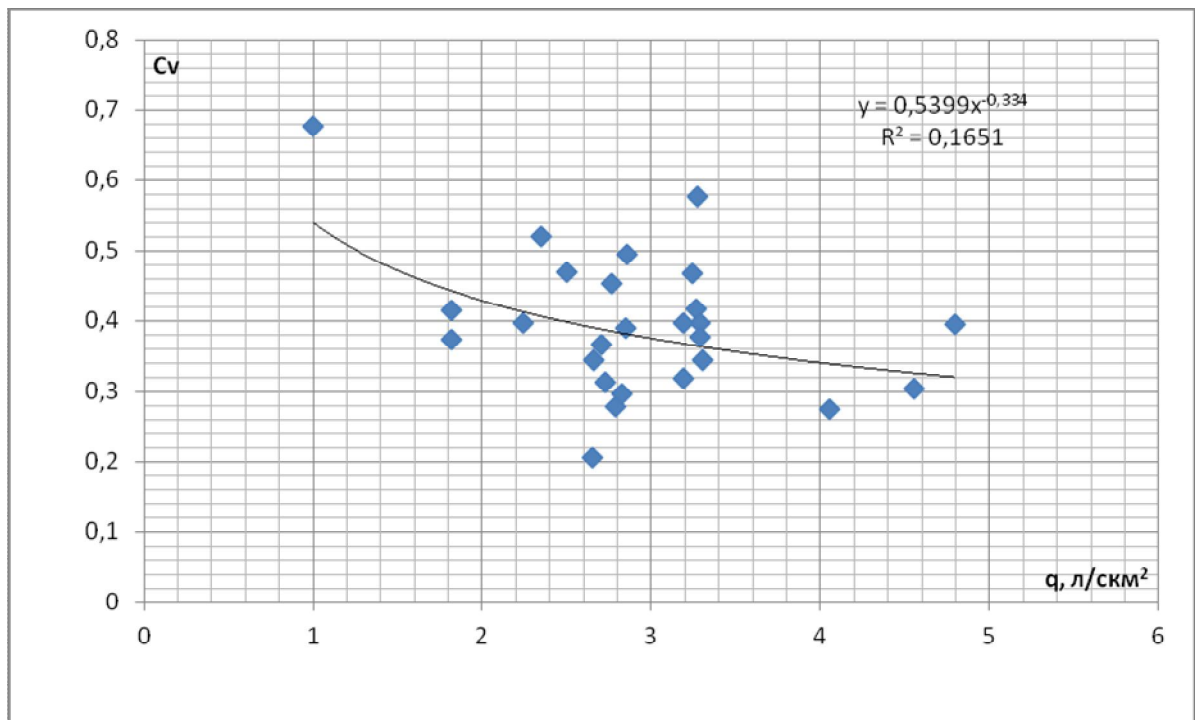


Рис. 4.5 – Графік зв'язку коефіцієнтів варіації та середніх модулів річок в межах лісостепової зони Сіверського Донця

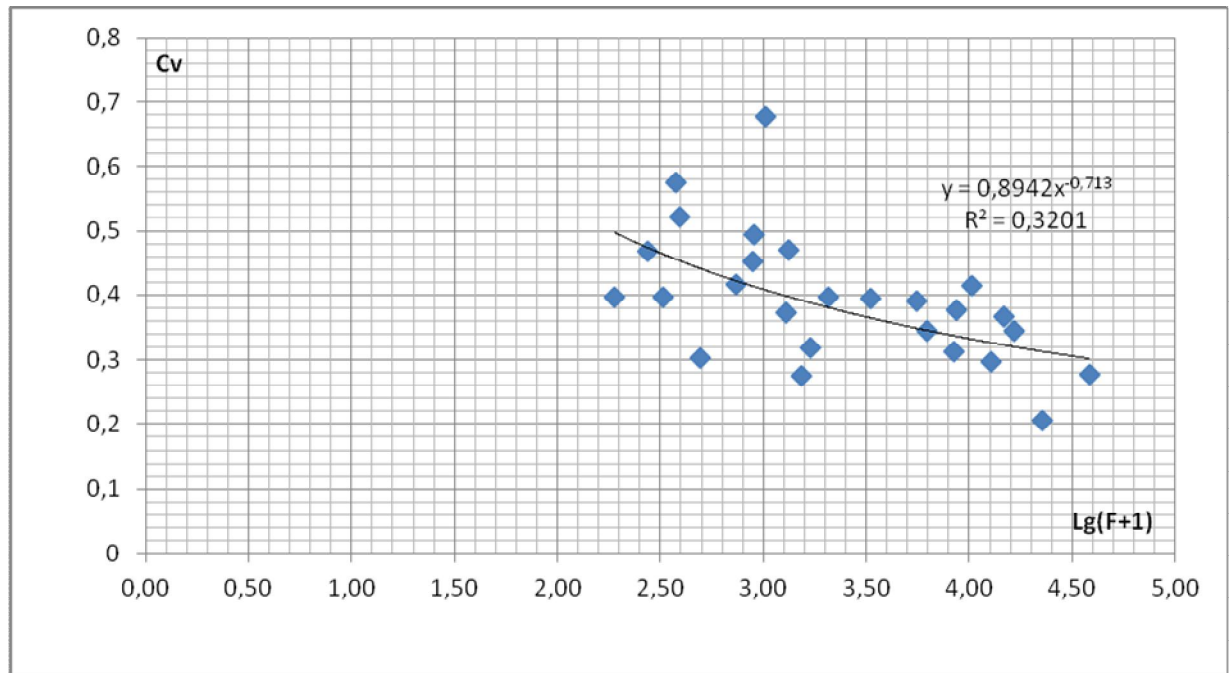


Рис. 4.6 – Графік зв'язку коефіцієнтів варіації та площі водозборів річок в межах лісостепової зони Сіверського Донця

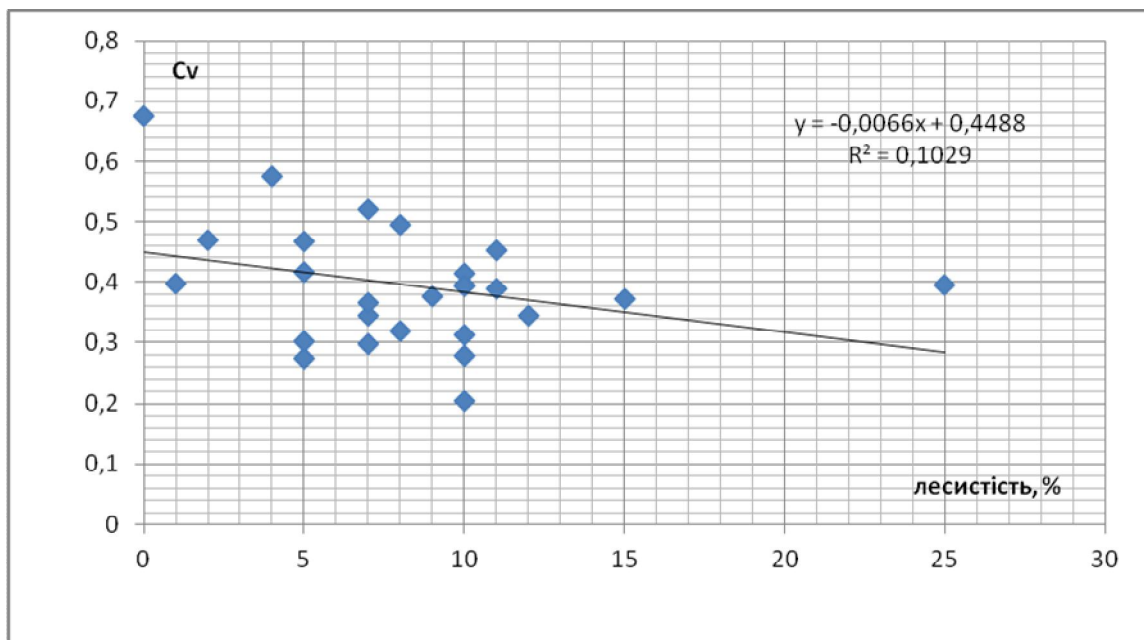


Рис. 4.7 – Графік зв'язку коефіцієнтів варіації та залісеності водозборів річок в межах лісостепової зони Сіверського Донця

Таблиця 4.3 – Результати застосування методу множинної регресії з метою визначення мінливості річного стоку в межах лісостепової зоно басейну Сіверського Донця

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,775516
R-квадрат	0,601425
Нормированный R-квадрат	0,525506
Стандартная ошибка	0,069486
Наблюдения	26
	Коэффициенты
Y-пересечение	1,045095
Переменная X 1	-0,05509
Переменная X 2	-0,09002
Переменная X 3	-0,00074
Переменная X 4	-0,00663

В табл.4.3 в якості Y прийнятий коефіцієнт варіації, а в якості змінних такі: X1- норма стоку, X2 – площа водозбору, X3- висота місцевості, X4- залісеність водозбору. Як показано табл.4.2, множинний коефіцієнт кореляції становить 0,77 та є значущим, отже результати можна використовувати для визначення коефіцієнту варіації. Розрахункове рівняння представлено нижче:

$$C_v = 1.04 - 0,055 \cdot q + 0,09 \cdot Lg(F+1) + 0,00074 \cdot H_{ср} + 0,0066 \cdot f_l, \quad (4.2)$$

де - q – норма стоку; $Lg(F+1)$ – логарифм площі водозбору; $H_{ср}$ – середня висота водозбору; f_l – залісеність водозбору.

Результати розрахунку норми стоку за рівнянням (4.2) представлені в табл.4.4. За результатами перевірних розрахунків точність визначення коефіцієнтів варіації за рівнянням (4.2) становить 14%, що відповідає вимогам до точності визначення цієї величини, отже отримане рівняння можна рекомендувати для практичних розрахунків.

Таблиця 4.4 – Розрахунок коефіцієнтів варіації річного стоку в межах лісостепової зоно басейну Сіверського

Річка-пост	Cv	q, л/с*км ²	Lg(F+1)	Нср, м	fl, %	Cv розр	Δ, %
Сіверський Донець-Кісельово	0,42	3,27	2,87	200	5	0,43	2,44
Сіверський Донець-Дальні піски	0,32	3,19	3,23	190	8	0,39	20,85
Сіверський Донець-с.Огурцов	0,39	2,85	3,74	180	11	0,35	11,36
Сіверський Донець-Печеніги(н.б'єф)	0,31	2,73	3,92	170	10	0,35	11,86
Сіверський Донець-Зміїв	0,34	2,66	4,22	170	12	0,31	8,75
Сіверський Донець-Чугуїв	0,42	1,82	4,01	170	10	0,39	5,50
Сіверський Донець-м.Ізюм	0,21	2,65	4,35	160	10	0,32	57,47
Сіверський Донець-с. Яремівка	0,28	2,79	4,58	160	10	0,29	5,95
р.Болховець-м.Белгород	0,52	2,35	2,60	190	7	0,50	4,95
Нежеголь-Більшетроїцьке	0,47	3,24	2,44	200	5	0,47	0,40
Нежеголь-Щебекіно	0,40	3,29	3,32	190	10	0,36	9,32
Короча- м.Короча	0,58	3,27	2,58	210	4	0,45	21,68
Вовча- Вовчанськ	0,47	2,50	3,12	180	2	0,48	2,09
Бабка- с. П'ятницьке	0,40	2,24	2,51	160	25	0,41	4,09
Уди- смт Перехресне	0,50	2,86	2,96	180	8	0,44	11,99
Уди- смтБезлдовка	0,39	4,79	3,52	170	10	0,27	30,73
Лопань- смт Козача Лопань	0,40	3,19	2,28	190	1	0,52	30,25
Харків- с.Циркуни	0,45	2,77	2,95	170	11	0,43	5,31
Бритаї- с. Тихопольє	0,68	1,00	3,01	150	0	0,61	10,06
Оскол-м.Старий Оскол	0,28	4,06	3,19	200	5	0,35	28,75
Оскол-сл.Ніновка	0,34	3,30	3,80	190	7	0,33	2,65
Оскол-р.п.Раздольє	0,38	3,29	3,94	190	9	0,31	17,76
Оскол-м. Куп'янск	0,30	2,83	4,10	180	7	0,34	14,74
Оскол-с. Червоний Оскол	0,37	2,71	4,17	170	7	0,35	4,60
Осколець-м.Старий Оскол	0,30	4,55	2,69	200	5	0,37	22,45
Валуй-м.Валуйки	0,37	1,82	3,11	170	15	0,44	17,99
							±14,0%

Висновки

- Для написання магістерської кваліфікаційної роботи використані данні по річному стоку у лісостеповій зоні Сіверського донця по 27 гідрологічним постах з площами водозборів від 52 км² (р.Рогозянка – с. Велика Рогозянка) до 38300км² (р.Сіверський Донець – с. Яремівка) та періодом спостережень від їх початку по 2015 рік включно. Гідрологічну вивченість досліджуваної території можна вважати задовільною.
- Аналіз методів розрахунку річного стоку показав, що для визначення його середньо багаторічних значень використовуються стандартні статистичні методи, а також генетичний метод А.М. Бефані та метод водно-теплогового балансу, який дозволяє моделювати вплив змін клімату на річний стік.
- Статистична обробка часових рядів середньорічних модулів стоку виконувалась за методом моментів та методом найбільшої правдоподібності. Точність визначення статистичних параметрів відповідає вимогам нормативних документів окрім р.Бритаї – с. Тихопол'є, а також р.Короча - м.Короча. Статистичні параметри які відповідають вимогам нормативним документам змінюються від 1,003 л/скм² до 4,79 л/скм² можна прийняти в якості багаторічних норм стоку.
- Дослідження циклічності у рядах річного стоку річок розглядуваної території показало, що за синхронністю коливань вони відносяться до одного гідрологічного району. Ми виявили що річка Сіверський Донець знаходиться у II районі (Східний) у підрайоні Пб.
- Враховуючи, що похибки розрахунку статистичних параметрів для р. Бритаї – с. Тихопол'є, а також р. Короча – м. Короча не відповідає вимогам нормативних документів, їх значення були приведені до багаторічного періоду за допомогою графічного методу.
- Аналіз впливу зональних та інтразональних факторів формування річного стоку на досліджуваній території показав, що найбільш

значущим фактором є широта місцевості, але також значущим є вплив таких факторів, як висота місцевості та залісеність водозборів, незначний вплив оказує площа водозборів.

- Для врахування сумісного впливу стокоформуючих факторів застосований метод множинної регресії, якій показав задовільні результати.

- Для визначення норми та мінливості річного стоку отримані розрахункові рівняння, які можна застосовувати для невивчених в гідрологічному відношенні річок досліджуваної території. .

Список використаної літератури

1. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
2. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации. –Л.: Гидрометеиздат, 1989.- 303 с.
3. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
4. 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.
5. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
6. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.-Л.: Гидрометеиздат, 1984.- 447 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР, т.6 вып.3, Северский Донец и Приазовье. – Л.; Гидрометеиздат, 1967.- 413с.
8. Соколовский Д.Л. Речной сток.- Л.: Гидрометеиздат, 1968.-538 с.
9. Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины / Е. Д. Гопченко, В. А. Овчарук; Одес. держ. екол. ун-т. - О. : ТЭС, 2002. - 112 с.
- 10.Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 335 с.
11. Електронний ресурс: ЦЕНТРАЛЬНА ГЕОФІЗИЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ імені Бориса Срезневського <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=maps-ukraine&f=php&p=1>
12. Електронний ресурс: Геоботанічне районування України <http://geomap.land.kiev.ua/zoning-5.html>

13. Баужа Т. О., Горбачова Л. О. Циклічні коливання гідрометеорологічних характеристик // УкрНДГМІ 2013. – Вип. 264 - 10с.
14. Овчарук В.А. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Гідрологічні розрахунки» - Одеса, ОДЕКУ, - 47с.
15. Лобода Н. С. , Гопченко Є. Д. Стохастичні моделі у гідрологічних розрахунках – Одеса – 2006 – 198с.
16. Бефани А.Н., Мельничук О.П. Расчет нормы стока временных водотоков и горных рек Украинских Карпат // Тр. УкрНИГМИ. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1967. – Вып. 69. - с. 105 -131.
17. Лобода Н. С. Вплив кліматичних змін на галузі економіки України (водне господарство): конспект лекцій – Одеса, 2015. – 63с.
18. Лобода Н. С., Гопченко Є. Д. Нормування характеристик природного річкового стоку України // Наук. Праці УкрНДГМІ – 2003. – Вип. 252 – С.5-10.

Додатки

Продовження дод.А1

1946	3,36	4,39										
1947	2,95	3,74									1,46	
1948	1,95	2,67									1,16	
1949	2,05	2,96									0,97	
1950	1,76	2,84									1,30	
1951	2,72	3,28									1,33	
1952	2,91	3,88									1,66	
1953	3,54	3,65									1,68	
1954	1,39	1,99			1,17						0,88	
1955	4,55										1,97	
1956	2,96	3,29			2,78	3,49					4,44	
1957	2,78			2,52	3,26	4,44						
1958	2,81	3,52		2,37	2,09	3,17	2,74			3,12		
1959	1,94	2,61		1,78	2,03	2,01	2,13			2,34	2,74	
1960	4,13	4,02	4,51	3,51	4,21	4,55				4,42	4,67	
1961	1,58	1,68	2,09	1,34	1,59	0,95				1,77	1,78	2,04
1962	1,13	1,41	1,59	1,00	1,58	1,01				1,42	1,02	1,93
1963	4,34	4,47	4,87	2,31	5,78	4,23		4,58		4,30	5,30	4,81
1964	2,98	3,41	3,86	2,68	4,36	2,49	3,56	3,04		3,48	3,45	3,73
1965	1,50	2,65	2,09	1,18	2,14	2,06	1,60	1,53		2,93	1,90	2,49
1966	1,85	2,95	2,34	1,44	2,60	1,85	2,08	1,83		3,36	2,28	2,68
1967	1,84	2,91	2,49	1,39	3,28	1,90	2,12	1,55	1,69	3,09	1,75	3,08
1968	3,29	4,66	4,44	2,95	5,13	3,34	4,10	4,35	2,68	4,81	3,55	5,32
1969	1,78	3,14	2,62	1,25	2,08	2,01	2,34	1,58	1,72	3,55	2,49	3,50
1970	3,53	5,56	4,28	2,77	4,44	6,98	3,96	4,06	3,88	5,67	4,19	5,70
1971	2,71	3,76	3,21	1,95	3,23	2,80	3,21	3,52	3,19	4,91	3,22	3,19
1972	1,30	2,02	1,67	0,56	1,48	1,22	1,56	1,32	1,29	3,24	1,78	1,70
1973	2,07	2,70	2,26	1,18	2,15	3,07	2,17	1,95	2,76	4,91	2,56	2,50
1974	2,23	2,73	2,51	1,09	1,98	2,49	2,35	1,63	3,64	3,73	2,77	2,86

Продовження дод.А1

1975	1,28	1,52	1,35	0,47	1,05	1,22	1,46	1,74	1,18	3,67	0,86	1,38
1976	1,73	2,09	1,25	0,53	1,92	1,85	1,19	1,91	1,80	4,48	1,09	2,18
1977	3,16	2,44	2,54	1,66	3,00	3,17	2,69	2,97	4,64	6,09	1,68	2,58
1978	3,28		3,14	1,69	3,32	4,23	2,43	2,89	4,72	6,79		
1979	4,16	4,75	4,66	3,51	4,54	5,18	4,01	8,56	5,28	7,61	2,72	5,32
1980	4,84	5,16	5,11	3,71	4,90	5,82	4,73	5,13	7,31	10,6	4,24	5,04
1981	4,88		6,44		5,17	5,50	5,02	4,10	7,17	11,4		
1982	3,69		4,75	2,96	2,94	3,97	3,79	3,19	4,39	7,21		
1983	2,92		3,90	2,50	2,80	4,13	3,13	2,97	3,54	5,94		
1984	2,49		3,79	1,73	2,71	3,33	2,86	2,26	4,45	5,45		
1985	3,30		3,79	1,99	3,83	4,44	3,17	3,55	5,03	6,21		
1986	3,23		3,95	2,04	4,40	4,50	3,82	3,71	3,48	5,67		
1987	2,64		2,76	1,38	2,85	2,54	2,67	3,02	3,77	6,27		
1988	3,28		3,74	2,30	3,40	4,23	3,52	4,03	4,24	6,42		
1989	2,25		3,32	1,53	3,09	3,28	2,18	2,51	2,43	5,42		
1990	2,79		3,25	1,82	2,91	4,07	3,07	2,93	2,49	5,52		
1991	2,45		2,44	1,59	2,22	2,75	2,20	1,93	2,27	5,52		
1992	1,78		1,74	1,41	1,98	2,70	3,05	3,13	1,37	5,06		
1993	2,64		3,61	2,11	2,90	3,60	3,21	3,03	2,00	5,06		
1994	3,12		3,52	2,89	2,82	3,49			2,15	5,76		
1995	2,73		2,27	2,16	1,96	3,49	2,51		2,42	5,24		
1996	3,42		3,27	2,83	2,20	4,44	3,38	3,51	3,15	6,15		
1997	2,97		2,35	2,13	1,92	4,34	2,62	3,21		5,79		
1998	3,27		2,47	2,60	1,72	4,92	3,70	2,73	2,36	5,61		
1999	3,01		2,24	2,08	1,77	3,70	3,07	2,20	2,27	4,79		
2000	2,31		2,31	1,91	1,62	3,02	2,37	2,48	2,08	5,12		
2001	2,33		2,26	1,64	1,45	3,07	2,57	2,58	2,04	5,30		
2002	2,08		1,36	1,19	1,17	3,17	2,06	1,73	2,08	4,82		
2003	3,08		2,42	2,24	1,75	4,76	2,87	3,89	2,98	6,18		

Кінець дод.А1

2004	2,59		1,45	1,53	1,35	3,76	2,61	2,84	3,04	5,88		
2005	2,67		1,52	1,62	1,74	3,44	3,35	2,61	2,82	5,55		
2006	3,06		2,89	2,31	1,86	3,33	3,56	3,02	2,87	5,39		
2007	2,13		2,22	1,59	1,38	2,28	2,74	1,99	1,65	3,94		
2008	2,05		2,83	1,32	1,27	2,86	2,39	2,25	1,91	4,03		
2009	1,72		1,91	0,98	1,02	1,96	2,23	1,52	1,46	3,30		
2010	2,44		1,86	1,31	2,05	2,59	2,55	2,47	2,46	3,76		
2011	1,87		2,18	1,07	1,19	2,28	1,59	1,96	1,50	2,18		
2012	1,54		2,22	0,86	1,11	1,90	1,42	1,39	1,36	2,22		
2013	1,77		1,86	1,14	1,54	2,06	1,70	1,62	1,81	1,86		
2014	1,56		2,06	0,91	1,29	1,22	1,58	1,56	1,09	2,06		
2015	1,56		1,62	0,79	1,17	0,90	1,45	1,04	1,26	1,62		