

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ  
Кафедра фізичної географії

На правах рукопису

ПАСЬ УЛЯНА СЕРГІЇВНА

МІНЛИВІСТЬ ВОДНОГО СТОКУ РІЧКИ СТИР (ГІДРОПОСТ ЛУЦЬК) В  
УМОВАХ СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Спеціальність: 103 Науки про Землю  
Освітньо-професійна програма: Гідрологія

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Науковий керівник:  
ПАВЛОВСЬКА ТЕТЯНА СЕРГІЇВНА,  
кандидат географічних наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № \_\_\_\_\_

засідання кафедри фізичної географії

від \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р.

Завідувач кафедри

проф. Фесюк Василь Олександрович

ЛУЦЬК – 2024

## МІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИВЧЕННЯ ВОДНОГО СТОКУ РІЧОК.....	9
1.1. Головні характеристики водного стоку річок.....	9
1.2. Статистичні та гідролого-генетичні методи вивчення мінливості річкового стоку.....	12
1.3. Історичні аспекти досліджень водного режиму річок.....	17
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ВОДНОГО СТОКУ РІЧКИ СТИР.....	19
2.1. Геолого-геоморфологічна будова басейну.....	19
2.2. Клімат і тенденції його змін.....	20
2.3. Ґрунтово-рослинний покрив.....	29
2.4. Ландшафтні особливості басейну р. Стир.....	30
2.5. Господарська діяльність у басейні річки.....	31
РОЗДІЛ 3. БАГАТОРІЧНА (1963–2022 РР.) ДИНАМІКА ВОДНОГО СТОКУ Р. СТИР НА ГІДРОПОСТУ ЛУЦЬК.....	33
3.1. Тенденції змін середньорічних, максимальних, мінімальних та середньомісячних витрат води річки.....	33
3.2. Кореляція річкового стоку з кліматичними характеристиками.....	39
3.3. Циклічність коливань водного стоку річки.....	43
3.4. Оцінка однорідності та стаціонарності рядів водного стоку річки.....	49
3.5. Внутрішньорічний розподіл водного стоку.....	51
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗМІН ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЧКИ	53
4.1. Комплексна оцінка якості води річки.....	53
4.2. Шляхи оптимізації гідроекологічного стану річки Стир.....	55
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

## АНОТАЦІЯ

### Пась У. С. Мінливість водного стоку річки Стир (гідропост Луцьк) в умовах сучасних кліматичних змін

Кваліфікаційна робота присвячена з'ясуванню тенденцій багаторічної динаміки та внутрішньорічного розподілу водного стоку р. Стир (гідропост Луцьк) упродовж 1963–2022 рр. у взаємозв'язку з опадами й температурою повітря. У процесі дослідження встановлено, що середньорічний і максимальний стік зменшуються (тренди статистично значимі). Витрати літньо-осінньої межени зменшуються, а зимової межени – зростають (лінійні тренди незначущі). Сукупність даних ряду середньорічних витрат є однорідною, що засвідчує коефіцієнт варіації ( $V_{\sigma}=26,8\% \leq 33\%$ ) і побудована сумарна інтегральна крива. Сукупність даних рядів максимальних і мінімальних витрат є неоднорідною. Зниження водного стоку р. Стир характерне для всіх місяців року, окрім січня і лютого (усі тренди є статистично незначущими, за винятком березня і квітня). Найбільші витрати простежуються в березні–квітні, а найменші – у серпні та вересні. Навесні формується 34 % середньорічного стоку, взимку – 24 %, а влітку і восени – по 21 %. Цикли маловодних (з відносно маловодними) і багатоводних (з відносно багатоводними) років для р. Стир тривають приблизно по 15 років. Упродовж 1963–2022 р. простежується 2 майже повні цикли водності р. Стир (2 фази зростання водності і 2 фази її зменшення), у коливанні опадів – 2 фази зростання річних сум і 1 фаза їх зменшення, у коливанні середньорічної температури повітря – 1 фаза зростання і 1 фаза зниження. Переломними у коливаннях водного стоку річки є 1982, 1997, 2013–2014 роки. Тривалість фаз водного режиму складає близько 15–16 років. Отож, можна спрогнозувати подальше зменшення середньорічного й мінімального стоку води р. Стир приблизно до 2028 р.

Ключові слова: витрата води річки, водний режим, гідропост, клімат, межень, паводок, повінь, річка Стир, річковий стік, циклічність водного стоку.

## SUMMARY

### **Pas U. S. Variability of the water flow of the Styry River (Lutsk hydropost) in the conditions of modern climatic changes**

The graduation thesis is devoted to finding out the trends of multi-year dynamics and intra-annual distribution of water flow of the Styry River (Lutsk hydropost) during 1963–2022 in relation to precipitation and air temperature. During the research, it was established that the average annual and maximum flow are decreasing (the trends are statistically significant). The costs of the summer-autumn period are decreasing, and those of the winter period are increasing (linear trends are not significant). The set of data for a series of average annual costs is homogeneous, which is evidenced by the coefficient of variation ( $V_{\sigma}=26,8\% \leq 33\%$ ) and the constructed total integral curve. The set of data series of maximum and minimum costs is heterogeneous. A decrease in the water flow of the Styry River is typical for all months of the year, except for January and February (all trends are statistically insignificant, except for March and April). The highest costs are observed in March-April, and the lowest in August and September. 34 % of the average annual runoff is formed in spring, 24 % in winter, and 21 % in summer and autumn. The cycles of low-water (with relatively low-water) and high-water (with relatively high-water) years for the Styry River last approximately 15 years. During 1963–2022, 2 almost complete water cycles of the Styry River are traced (2 phases of water increase and 2 phases of its decrease), in precipitation fluctuation – 2 phases of increase in annual sums and 1 phase of their decrease, in fluctuation of average annual air temperature – 1 phase growth and 1 phase of decline. The years 1982, 1997, and 2013–2014 were turning points in the fluctuations of the river's water flow. The duration of the phases of the water regime is about 15–16 years. Therefore, it is possible to predict a further decrease in the average annual and minimum water flow of the Styry River until approximately 2028.

Key words: river water flow, water regime, hydropost, climate, boundary, flood, flood, Styry River, river flow, cyclicity of water flow.

## ВСТУП

Флювіальні басейнові системи займають особливе місце у спектрі досліджень природно-антропогенних об'єктів на Землі. Адже завдяки високому природному потенціалу вони характеризуються підвищеним ступенем освоєння людиною. І чим меншою є річка, тим більше її функціонування залежить від кліматичних змін і господарської діяльності у межах водозбору та заплавно-руслових комплексів зокрема. Чим більшою є річка, тим вищою є опірність її русла штучним перетворенням і меншим є час для встановлення динамічної рівноваги в системі потік – русло після припинення дії антропогенного чинника [74, с. 55].

Волинська область належить до регіонів з густою гідрографічною мережею: річки, озера, болота обвиті меліоративними каналами, а водозбори природних водойм ускладнені ставками й водосховищами. Функціонування штучних водойм, проведення не зовсім обґрунтованої водної меліорації, зростання площ орних угідь, зменшення площ лісів і лук, зростання площ із штучним покриттям слабкої інфільтраційної здатності, розорювання прибережних захисних смуг і заплавл, спрямлення русел річок, скиди неочищених чи недоочищених стоків житлово-комунальних, промислових та сільсько-господарських підприємств у їхні водотоки, інтенсивний відбір підземних і поверхневих вод призводять до змін живлення річок, а, отже, нерівномірності їхнього стоку, а також до евтрофікації та забруднення [90, с. 38, 39].

Нині проблеми функціонування малих і середніх річок тісно пов'язані з глобальними й регіональними кліматичними змінами, які особливо інтенсифікувалися в останні десятиріччя. Тому вивчення водного режиму цих річок актуальне не тільки з позиції обґрунтування оптимізаційних заходів для раціонального природокористування у межах їхніх водозборів, а й для існування великих річок, джерелами живлення яких вони є.

Особливої уваги потребують річки, що протікають через важливі промислові та густонаселені населені пункти. Одним із таких є м. Луцьк, яке

розкинулося по обидва боки від р. Стир, яка є і джерелом питної й технічної води, і транспортною артерією, й колектором поверхневого стоку, й місцем зосередження біорізноманіття, а отже, й здійснення рекреації [78, с. 179].

**Мета й завдання досліджень.** Метою роботи є з'ясування тенденцій багаторічної динаміки та внутрішньорічного розподілу водного стоку р. Стир (гідропост Луцьк) упродовж шістдесятирічного періоду (1963–2022 рр.) у взаємозв'язку з кліматичними параметрами водозбору (опадями й температурою повітря).

Дослідження побудоване на результатах вирішення таких завдань:

- 1) проаналізувати теоретико-методологічні основи дослідження змін водного стоку річок в умовах сучасних кліматичних змін;
- 2) вивчити природні умови та чинники формування й трансформації річкового стоку Стиру;
- 3) з'ясувати тенденції змін температурного режиму повітря на метеостанції (далі – МС) Луцьк;
- 4) з'ясувати тенденції змін випадання опадів на МС Луцьк;
- 5) виявити тенденції багаторічних коливань середньорічних, максимальних, мінімальних витрат на гідропосту Луцьк;
- 6) визначити роки з різною водністю р. Стир;
- 7) здійснити оцінювання однорідності та стаціонарності рядів водного стоку річки;
- 8) побудувати різницево-інтегральні криві й проаналізувати циклічність досліджуваних гідрометеорологічних параметрів;
- 9) проаналізувати тісноту зв'язку річних сум опадів з середньорічними, максимальними, мінімальними витратами річки, тісноту зв'язку місячних сум опадів та середньомісячного водного стоку упродовж досліджуваного періоду;
- 10) проаналізувати тісноту зв'язку середньорічної температури повітря з середньорічними, максимальними, мінімальними витратами річки, тісноту

зв'язку середньомісячної температури повітря й середньомісячного водного стоку упродовж досліджуваного періоду;

- 11) виконати й проаналізувати внутрішньорічний розподіл стоку води р. Стир за типовою схемою по місяцях та за моделями багатоводних, середньоводних і маловодних років;
- 12) проаналізувати мінливість внутрішньорічного розподілу стоку річки Стохід в часі;
- 13) проаналізувати сучасний стан якості води р. Стир;
- 14) обґрунтувати шляхи оптимізації гідроекологічного стану досліджуваної річки.

**Об'єктом дослідження** є водний стік річки Стир (гідропост Луцьк).

**Предметом дослідження** є тенденції змін багаторічної динаміки й внутрішньорічного розподілу водного стоку річки Стир й кліматичних характеристик на гідропосту Луцьк.

**Методологічною основою** магістерської роботи є вчення про річковий стік, статистичні та гідролого-генетичні методи оцінок сучасних змін водного режиму річок.

**Інформаційною основою дослідження** є фондові дані Волинського обласного центру з гідрометеорології (далі – ВОЦГМ). Застосовано методи: математико-статистичний, графічний, картографічний, порівняльний, синтезу, аналізу, аналогії, індукції, дедукції, формалізації.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає у визначенні:

- тенденцій змін середньорічних і середньомісячних температур повітря упродовж 1963–2022 рр. на МС Луцьк та їх внутрішньорічний розподіл;
- тенденцій змін річних і місячних сум опадів упродовж 1963–2022 рр. на МС Луцьк та їх внутрішньорічний розподіл;
- тенденцій змін середньорічного, максимального та мінімального стоку р. Стир на гідропосту Луцьк упродовж досліджуваного періоду;
- однорідності та стаціонарності рядів водного стоку річки;
- циклічності коливань досліджуваних гідрокліматичних параметрів;

- тісноти зв'язку річкового стоку з атмосферними опадами за досліджуваний період;
- тісноти зв'язку річкового стоку з температурою повітря за досліджуваний період;
- внутрішньорічного розподілу річкового стоку Стиру та причин його змін.

Отримані результати дослідження мають **практичне значення** для проєктних, управлінських організацій при розробці програм моніторингу, стокорегулюючих заходів, захисту угідь, поселень і господарських об'єктів від руйнувань паводками. Електронні графічні побудови можуть бути корисними для аналітичних і прогнозних робіт у ВОЦГМ. Матеріали роботи можуть бути використані для підготовки навчальних занять з освітніх компонентів освітньо-професійної програми «Гідрологія».

**Апробація результатів.** Деякі результати дослідження водного режиму р. Стир опубліковано в збірнику наукових праць «Universum», 2024. № 4 [66], у матеріалах XVII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень» [67]. Головні напрацювання кваліфікаційної роботи подано друку і перебувають на рецензуванні редколегією видання.

**Обсяг і структура роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (92 найменування) і містить 60 сторінок тексту, 37 графіків та діаграм, 7 таблиць, 9 формул. Загальний обсяг праці становить 72 сторінки.



## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИВЧЕННЯ ВОДНОГО СТОКУ РІЧОК

### 1.1. Головні характеристики водного стоку річок

Річка – «це водний потік, який тече в природному руслі й живиться водами поверхневого та підземного стоку свого басейну. Вона приймає в себе притоки і поступово збільшує свою водність та морфометричні параметри вниз за течією. Тільки постійні та досить великі водотоки з площею басейну не менше 50 км<sup>2</sup> вважаються річками». Річка, що впадає в океан, море чи озеро, вважається головною, а ті, що впадають в неї – притоками. Течію кожної річки умовно поділяють на верхню, середню та нижню. У напрямку руху води зростає водність річки і зменшується її швидкість. Річки зі своїми притоками формують річкову мережу, яка є частиною гідрографічної мережі [43, с. 79–80].

Класифікація водності річки кожного року відображена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

#### Класифікація водності річок [32]

Градація	Відхилення від середнього багаторічного значення, $\Delta$ (%)
Маловодні роки	$\Delta < -20$
Відносно маловодні роки	$-20 \leq \Delta < -10$
Середні за водністю роки	$-10 \leq \Delta \leq 10$
Відносно багатоводні роки	$10 < \Delta \leq 20$
Багатоводні роки	$\Delta > 20$

Річковий басейн – «це частина земної поверхні, яка включає певну річкову систему і є відокремленою від інших річкових систем вододілами. Поверхня суші, з якої річкова система збирає воду, називається водозбором або водозбірною площею басейну». Площі водозбору і басейну річки не завжди збігаються. Від площі водозбору залежить водність річки [43, с. 82].

Річкові басейни мають морфометричні характеристики (площа, довжина, середня та максимальна ширина, середня висота, похил тощо) та фізико-

географічні особливості (географічне положення, кліматичні, геолого-тектонічні, гідрогеологічні, геоморфологічні умови, озерність, залісненість, розораність, заболоченість). За розміром басейну річки поділяються на великі, середні й малі. Великі – площа басейну 50 тис. кв. км і більше, середні – площа 2000–50 тис. кв. км<sup>2</sup>, малі – площа менша 2000 тис. кв. км<sup>2</sup>. Басейни великих річок мають полізональний характер водного режиму, середніх – зональний, малих – часто азональний [43, с. 83–84].

Водний режим річки – «закономірні зміни в часі стоку, швидкостей течії, рівнів води та похилів водної поверхні; елементами водного режиму є витрати, рівні, швидкості, похили». Річковий стік поєднує поверхневий (утворюється за завдяки атмосферним опадам) та підземний (завдяки ґрунтовим водам). Стік води є визначальним у переміщенні наносів, розчинених речовин та тепла. Обсяги річкового стоку залежать від клімату, рельєфу, ґрунтово-рослинного покриву, наявності боліт та озер, антропогенних втручань у функціонування річки та гідрогеологічний режим водозбору [73, с. 40].

Основною характеристикою стоку води річки є витрата води ( $Q$ ) – «це кількість води, що протікає через поперечний переріз водотоку за одиницю часу. Витрата води річки є добутком площі поперечного перерізу річки й швидкості її течії». До характерних витрат води відносять максимальні витрати води під час повеней і паводків, мінімальні витрати води літньо-осінньої та зимової межени. За даними щоденних витрат води будують календарний графік їх коливання – гідрограф стоку. Визначення витрат води на річках досить непростий процес, тому кількість таких вимірювань обмежена. Для розрахунку середніх добових значень витрат води використовують криві витрат [73, с. 40–42].

Для аналізу водного режиму річки, крім витрат, використовують і інші показники: об'єм стоку, модуль стоку, шар стоку, модульний коефіцієнт.

Об'єм стоку ( $W$ ) – «це об'єм води, що пройшов через певний створ за одиницю часу (доба, місяць, рік)» [73, с. 41].

Модуль стоку (М) – «це кількість води, яка стікає з одиниці площі водозбору за одиницю часу й виражається в літрах за секунду з 1 квадратного кілометра площі водозбору (л/с×км<sup>2</sup>)» [73, с. 42]

Шар стоку (У) – «це висота шару води, який можна отримати, якщо весь об'єм води, що стікає з водозбору за певний інтервал часу, рівномірно розподілити по всій площі водозбору річки» [73, с. 42].

Модульний коефіцієнт (К) – відношення величини стоку за певний проміжок часу до його середнього значення за цей багаторічний період [14, с. 26].

Водний режим залежить від багатьох природних чинників, серед яких головну роль відіграють метеорологічні та кліматичні. Оскільки вони мають різноперіодичні коливання, то й у водному режимі річок також проявляються коливання різної тривалості: вікові, багаторічні, внутрішньорічні (сезонні) та короткочасні. Упродовж року у водному режимі річок виділяють кілька періодів або фаз: водопілля (повінь, повідь), паводок, межень [73, с. 42–43].

Повінь (водопілля) – «це фаза водного режиму річки, яка щорічно повторюється у даних кліматичних умовах в один і той же сезон, характеризується найбільшою водністю, високим та відносно тривалим підняттям рівня води». За генезисом повінь може бути сніговою, снігово-дощовою або дощовою [73, с. 43]. Формування витрат водопілля відбувається під впливом чинників кліматичних (радіаційний баланс території, опади, температура повітря й ґрунту визначають інтенсивність сніготанення й випаровування) і чинників підстильної поверхні (рельєф, ґрунтово-рослинний покрив, карст, ступінь антропогенної діяльності впливають на просочування талих вод, поверхневе затримання, трансформацію схилового стоку) [69, с. 24].

Паводок – «це фаза водного режиму річки, що може багаторазово повторюватися в році й характеризується інтенсивним збільшенням витрат і рівня води внаслідок дощів чи сніготанення (під час відлиг)». Можуть бути зимовими, літніми, осінніми [73, с. 44].

Межень – «це фаза водного режиму річки, яка характеризується невеликою водністю, зумовленою зменшенням живлення річки, і щорічно повторюється в літньо-осінній та зимовий сезони [73, с. 44].

Кліматичні чинники впливають на настання і тривалість окремих періодів стоку і фаз водного режиму, характер і особливості ґрунтовірних процесів, визначають інтенсивність продукування й руйнування органічної речовини [90, с. 21].

Крім даних про витрати води річки й тип її внутрішньорічного водного режиму, багатьом галузям господарства, необхідні відомості про рівні води. На їхній режим впливають ті ж чинники, що й на режим витрат. Однак, на деяких ділянках рік режим рівнів може значно залежати від морфологічних особливостей русла й заплави. Поширення в руслі рослинності, прояви льодових явищ, ерозійно-аккумулятивні процеси в руслі порушують відповідність рівнів і витрат [73, с. 49].

## **1.2. Статистичні та гідролого-генетичні методи вивчення мінливості річкового стоку**

Коливання водного стоку річок мають циклічний характер і виражаються у формі послідовних змін багатоводних і маловодних груп років, які відрізняються величиною відхилення від середнього значення стоку за весь період спостережень і тривалістю тієї чи іншої групи років. Проміжок часу, упродовж якого спостерігається зростання водності, називається багатоводною фазою циклу (багатоводний період), а – зменшення – маловодною фазою (маловодний період) [71, с. 67]. Нами допомогою програми MS Excel було виконано побудову хронологічних графіків зміни водності річок та метеорологічних параметрів гідропоста, підібрано до них лінійні тренди методом найменших квадратів, здійснено оцінку значимості лінійних трендів. Остання може бути використана тільки як додатковий показник, оскільки ця методика застосовується до рядів з нормальним законом розподілу й залежить від фаз циклічних коливань водності та їх тривалості [44, с. 15]. «Статистично

значимі лінійні тренди в хронологічних гідрометеорологічних рядах вказують на те, що дані ряди статистично неоднорідні у часі або, що теж саме, нестационарні, оскільки середні значення цих рядів закономірно збільшуються або зменшуються з плином часу» [44, с. 31].

Оцінювання статистичної значимості трендів в рядах середньорічного, максимального, мінімального стоку річки Стир, середньорічної, середньомісячної температури повітря, річних та місячних сум опадів виконувалася за оцінкою значимості коефіцієнтів кореляції ( $R$ ) залежно від співвідношення  $R/\sigma_R \geq \beta$ . При 5%-ому рівні значимості або при 95%-ій довірчій межі  $\beta = 2$ . Середньоквадратична похибка коефіцієнта кореляції ( $\sigma_R$ ) лінійного тренду визначалася за формулою [44, с. 32; 69, с. 112]:

$$\sigma_R = (1 - R^2) / \sqrt{n-1} \quad (1.2.1)$$

де  $R$  – коефіцієнт кореляції

$n$  – кількість років

Існує чимало методів, за допомогою яких можна виявити періодичні коливання стоку: методи інтегральних і подвійних інтегральних кривих, різницево-інтегральних кривих, метод ковзного осереднення, автокореляційний та спектральний аналізи. Кожен із цих методів має свої недоліки. Але найбільшого застосування набув метод різницево-інтегральних кривих. Він дає наочне уявлення про цикли та фази коливання стоку. Ординати різницевої інтегральної кривої визначають за формулою [56, с. 90; 69, с. 106; 71, с. 67].

$$\sum_{i=1}^t (K_i - 1) = f(t), \quad (1.2.2)$$

де  $K_i$  – модульний коефіцієнт

Модульні коефіцієнти розраховуються за формулою:

$$K_i = \frac{q_i}{\bar{q}_n} \quad (1.2.3)$$

$q_i$  – величини члена ряду;

$\bar{q}_n$  – середнє значення величин усіх членів ряду за обраний період:

$$\bar{q}_n = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_{n-1} + q_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} \quad (1.2.4)$$

Відхилення модульних коефіцієнтів від одиниці:  $K_i-1$ .

Сума всіх цих відхилень повинна дорівнювати нулю або бути близькою до нього.

Потім до кожного попереднього члена ряду  $K_i-1$  додають наступний. За цими значеннями і будується різницева інтегральна крива. Якщо  $K_{ср.} < 1,0$  і крива опускається вниз відносно осі абсцис, то в такому періоді переважає маловодна фаза, при  $K_{ср.} > 1,0$  і спрямуванні кривої вгору – багатоводна [56, с. 91].

Оцінювання однорідності гідрологічних характеристик передбачає як використання статистичних методів аналізу, так і гідролого-генетичних. «Під статистичною однорідністю розуміють приналежність усіх елементів гідрологічного ряду та їхніх вибірових статистичних параметрів (середнє значення, дисперсія) до однієї сукупності. Однорідність вибірових статистичних параметрів у часі називається стаціонарністю. Якщо в результаті проведеного статистичного аналізу гіпотеза про стаціонарність не відхиляється, тоді можемо припустити тільки їхню квазістаціонарність» [44, с. 26–27]. Для перевірки на однорідність рядів, які мають тривалість 40 і більше років [69, с. 105].

Для оцінок розподілу досліджуваних величин використовують абсолютні й відносні показники варіації: розмах варіації, дисперсію, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт осциляції, коефіцієнт варіації.

Розмах варіації – «це різниця між найбільшим і найменшим значеннями варіантів у ряді. Цей показник показує тільки крайні відхилення й не відображає відхилень всіх варіант у ряді» [81, с. 128].

$$R = x_{max} - x_{min} \quad 1.2.5$$

Дисперсія – «це середня арифметична квадратів відхилень кожного значення ознаки від загальної середньої. Дисперсія звичайно називається

середнім квадратом відхилень» [81, с. 129]. Проста дисперсія для незгрупованих даних визначається за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad 1.2.6$$

Середнє квадратичне (стандартне) відхилення – «це корінь квадратний з дисперсії; воно показує на скільки в середньому відхиляються індивідуальні значення ознаки від їх середнього значення. Чим менше його значення, тим краще середня арифметична відображає собою всю представлену сукупність, тим більш однорідною є ця сукупність і більш типовою є середня величина». Для незгрупованих даних стандартне відхилення визначається за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad 1.2.7$$

Відносні коливання крайніх значень ознаки навколо середньої відображає коефіцієнт осциляції. Він є відсотковим співвідношенням розмаху варіації та середньої величини:

$$V_R = \frac{R}{\bar{x}} * 100\% \quad 1.2.8$$

Найпоширенішим показником вимірювання коливання, що використовується для оцінки типовості середніх величин є коефіцієнт варіації. Він визначається відношенням стандартного відхилення до середньої величини:

$$V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{x}} * 100\% \quad 1.2.9$$

При  $V_\sigma \leq 33\%$  сукупність є однорідною, а середня величина є типовою та надійною характеристикою сукупності. Якщо  $V_\sigma \leq 10\%$ , то коливання ознаки незначні;  $10\% < V_\sigma \leq 30\%$  – коливання ознаки середні;  $V_\sigma > 30\%$  – коливання ознаки великі. При  $V_\sigma > 33\%$  – сукупність не є однорідною, тобто середні значення не можуть слугувати надійними характеристиками сукупності [81, с. 130].

Причинами неоднорідності й нестационарності гідрологічних характеристик можуть бути [69, с. 111]:

- 1) вплив метеорологічних чинників (наприклад, зміни внутрішньорічного розподілу стоку внаслідок підвищення температури повітря в холодний період року) внаслідок глобальних змін клімату;
- 2) вплив чинників підстильної поверхні (наявність мікро- та макрознижень місцевості, карст, коливання розмірів безстічних озер);
- 3) порушення в реєстрації рідких опадів при зміні метеорологічних приладів, недостатній облік поправок на змочування рідких опадів;
- 4) господарська діяльність (перекидання стоку, водна меліорація, функціонування гідротехнічних споруд, сільськогосподарські, агролісомеліоративні заходи, вирубка лісу, створення ставків і водосховищ, підвищення температури річкових вод через стоки різного роду підприємств і формування осередків тепла внаслідок збільшення площ зі штучним покриттям. Вплив господарської діяльності на режим поверхневих вод може бути різким і одномоментним або плавним і довготривалим).

На основі розрахунків з використанням статистичних критеріїв неможливо довести однорідність ряду спостережень. Можна лише встановити, що дані спостережень не суперечать гіпотезі однорідності при тому чи іншому рівні значимості. Для виявлення неоднорідності гідрологічних рядів існує багато гідролого-генетичних методів, серед яких: побудова та аналіз сумарних інтегральних кривих, різницево-інтегральних кривих, подвійних різницево-інтегральних кривих гідрологічних та кліматичних характеристик, суміщених хронологічних графіків гідрологічних характеристик різних пунктів, графіків зв'язку гідрологічних та метеорологічних характеристик, кривих витрат води [44, с. 33].



### 1.3. Історичні аспекти досліджень водного режиму річок

Вивчення водного режиму річок під впливом глобальних кліматичних змін в полі зору науковців уже давно. Серед них і такі українські вчені як В. Вишневський, В. Гребінь, Є. Василенко, Є. Гопченко, С. Сніжко, А. Лобанова, Л. Горбачова, В. Овчарук, Н. Лобода, Ю. Божок, В. Струтинська, В. Войцехович, Ю. Гоян, М. Гопцій, Ю. Дідовець, С. Барандіч, О. Кошкіна, Б. Кіндюк, А. Куза, М. Мартинюк, С. Мельник, Л. Кущенко, Е. Рахматулліна, О. Тодорова, Ю. Чорноморець та ін. [16; 25; 26; 29; 34; 39; 44, с. 6; 55–57; 60; 61; 69; 70; 82]. Із закордонних публікацій знаходимо праці зазначеної проблематики Bisselink B., Camilloni I., V. Barros, S. Moreiras, G. Poveda and J. Tomasella, Fangmann A., Belli A., Haberlandt U., Pekarova P., Mikláneek P. and Pekár J., Renata J. Romanowicz, Yu C., Yin X., Yang Zh., Dang Zh, Zhang X., Harvey K. D., Hogg W. D., Yuzyk T. R. et al. [1–3; 7–9].

Дослідження глобальних та регіональних змін клімату представлені в роботах М. Кульбіді, М. Барабаш, В. Мартазінової, Т. Свердлик, В. Гребеня, Н. Лободи, С. Мельника, у Звіті про НДР розроблення сценаріїв зміни кліматичних умов в Україні на перспективу з використанням даних глобальних та регіональних моделей. Просторовий аналіз змін водного режиму басейнів поверхневих водних об'єктів на території України в умовах глобальних кліматичних змін проведено вченими УкрГМІ на чолі з Л. Горбачовою [69, с. 36, 224; 44].

Вплив різних чинників підстильної поверхні на річковий стік вивчали Л. Вершиніна, Є. Гопченко, Т. Деркач, А. Дубах, Г. Ейтінген, А. Казакова, В. Комаров, О. Крестовський, А. Крижановська, П. Кузьмін, В. Овчарук, Л. Пашова, В. Рахманов, Г. Ріхтер, В. Салазанов, А. Суботін, А. Траскова, Ж. Шакірзанова [69, с. 44–45, 53].

Питанням аналізу динаміки часових гідрологічних рядів присвятили свої наукові праці Т. Баужа, В. Вишневський, М. Ворончук, Л. Горбачова, С. Сніжко, А. Fangmann, A. Belli, U. Haberlandt, X. Zhang, K. D. Harvey, W. D. Hogg, T. R. Yuzyk [3; 11; 13; 71, с. 74]. Проблемою однорідності гідрометеорологічної

інформації досить ґрунтовно займається Л. Горбачова. На її думку, для оцінки однорідності й стаціонарності рядів спостережень з використанням гідролого-генетичних методів обов'язково необхідно відновлювати пропущені дані в спостереженнях за допомогою даних річки-аналога, однорідність гідрологічної характеристики дослідити за сумарною кривою, визначити репрезентативний період за різницево-інтегральною кривою [69, с. 104–105].

Сучасним дослідженням басейну р. Стир присвячено низку наукових праць, зокрема: Т. Павловська, У. Никонюк, В. Стельмах, В. Волошин, О. Мельник, Ю. Мельник, О. Верешко, А. Шостак, характеризують водний режим річки та тенденції його змін під впливом кліматичних чинників [20; 66; 67; 78; 80; 92]; дослідження внутрішньорічного розподілу водного стоку р. Стир відобразили у працях Є. Василенко, О. Дутко, О. Коноваленко, К. Данько, У. Никонюк, В. Ногачевський, Т. Павловська [17; 66], М. Ганущак та Н. Тарасюк аналізують водний чинник у розвитку природно-антропогенних комплексів басейну річки Стир [24], дослідження гідрологічного режиму р. Стир у зоні впливу водокористування РАЕС здійснено П. Кузнецовим та О. Бедунковою [54], прогнозування водності річки Стир на найближчі роки здійснено Л. Горбачовою та Б. Христюком [32], фізико-хімічні дослідження води й моніторинг екосистеми ріки Стир здійснювали М. Будз, М. Ганущак, М. Забокрицька, В. Хільчевський, В. Копилов, І. Мисковець, Я. Мольчак, І. Нетробчук, В. Фесюк, Н. Тарасюк, М. Ромашенко, С. Коломієць, А. Сардак та ін. [23; 41; 52; 64; 65; 83], рівень забруднення вод річки досліджено у працях А. Кондратюка, В. Фесюка, З. Карпюк, Д. Журби, В. Стельмах [50; 62; 63; 87; 88].

Хоча наукових публікацій різної тематики в галузі гідрології, гідрохімії та екології про р. Стир досить багато, все ж таки питання мінливості коливань водного стоку річки та його прогнозування достатньо не розкриті. Особливої уваги потребують проблеми вивчення внутрішньорічного розподілу водного стоку та структури живлення річки в умовах сучасних кліматичних змін.

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ВОДНОГО СТОКУ РІЧКИ СТИР

### 2.1. Геолого-геоморфологічна будова басейну

Басейн р. Сtir розміщений у межах Волино-Подільської плити на Східноєвропейській платформі, фундамент якої утворений архейсько-протерозойськими кристалічними породами та розділений великою системою розломів [12]. Кристалічний фундамент спадає на південний захід до Галицько-Волинської западини, занурюючись під денну поверхню на глибину до 3,5 км.

Волино-Подільська плита має моноклінальні пласти вулканогенних та осадових утворень протерозойського, палеозойського та мезозойського часу. Верхній шар складений палеогеновими та неогеновими відкладами, що перекриваються четвертинними. Сучасні геологічні утворення басейну представлені алювіальними, болотними, озерними, еоловими та елювіальними відкладами [12; 49]. Потужність заплавної алювію коливається від 5–6 м у верхній течії річки до 20–30 м в гирловій, руслової – 3–5 м. За літологією алювій представлений сукупністю дрібно- та середньозернистих сірих, бурих і жовтих пісків з прошарками сірих, бурих суглинків і глин. Болотні відклади (потужність 2–3 м) складені торфами бурого та темно-бурого кольору. Озерні утворення представлені голубувато-сірими, темно-сірими та бурими суглинками. Еолові відклади характерні для поліської частини басейну й представлені жовто-сірими і світло-жовтими пісками. Елювій верхньої крейди найбільш притаманний малополіській частині басейну, трапляється на пагорбах Полісся. У височинній частині басейну типовими є еолово-делювіальні відклади, представлені жовто-сірими і жовтими карбонатними суглинками, лесами та лесоподібними сірими суглинками [24, с. 35].

Басейн р. Сtir має рівнинну поверхню, висоти якої коливаються від 440 м (г. Високий Камінь) до 135 м (гирло р. Простир). У верхній частині водозбору підняті горбисті рівнини розділені глибокими (50–100 м) річковими долинами та

густою яружною мережею; у центральній частині – хвилясті пагорби льодовикових відкладів чергуються з низинами; нижня частина характеризується низинним рельєфом і значною заболоченістю [24, с. 38].

Басейн має чітке зонування на домінуючі генетичні типи рельєфу, ускладнені іншими за генезисом морфоскульптурними формами. На Подільській височині переважає денудаційний тип рельєфу з ерозійними та гравітаційними формами; у Малому Поліссі – еоловий рельєф з денудаційними ознаками; на Волинській височині – яружно-балковий; у межах Волинського Полісся – водно-льодовиковий рельєф з органогенними, денудаційними, карстовими та еоловими формами рельєфу [12; 49].

## **2.2. Клімат і тенденції його змін**

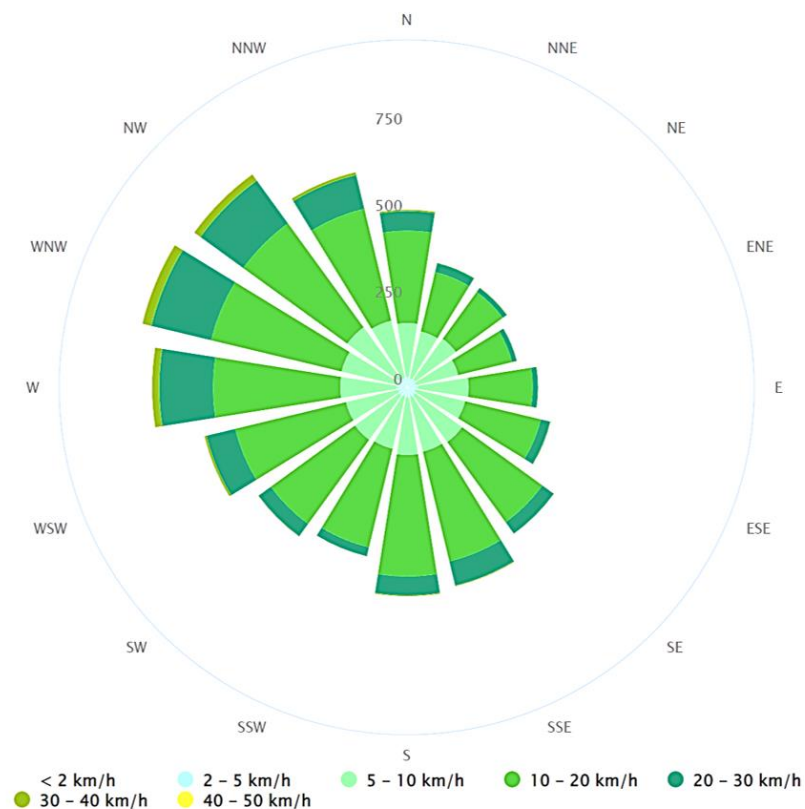
Клімат є визначальним чинником формування будь-якої флювіальної системи. Температура повітря, режим і кількість опадів, коефіцієнт зволоження мають вплив на гідрологічний режим, рельєф, ґрунтово-рослинний покрив і тваринний світ, геохімічні та геофізичні процеси на водозборі.

За дослідженнями вітчизняних вчених-гідрологів, зокрема В. Гребеня та Н. Лободи саме з 1980-их років на річках України відмічаються наслідки глобальних змін клімату, які, насамперед, призводять до перерозподілу внутрішньорічного стоку – зменшення величин стоку в багатоводні фази й збільшення стоку межені [69, с. 121].

Клімат досліджуваного басейну помірний, із достатнім зволоженням, з м'якою зимою та відносно нежарким літом. Через рівнинність місцевості кліматичні характеристики в межах басейну (протяжність якого близько 300 км) суттєво не змінюється. Спостереження погодно-кліматичними умовами басейну здійснюють на 7 метеорологічних станціях: Любешів, Маневичі, Луцьк, Дубно, Кременець, Кам'янка-Бузька, Броди. Проаналізуємо тенденції змін головних кліматичних характеристик, які найбільше впливають на водний режим річки – температуру повітря та кількість опадів – на гідропосту Луцьк.

Основним кліматотвірним чинником є сонячна радіація. У середньому водозбір р. Стир поглинає понад 90 ккал/см<sup>2</sup> сонячної радіації за рік. Проте існують певні відмінності в значенні цього показника у крайніх частинах басейну, оскільки останній має субмеридіональне простягання. Найбільше похмурих днів (хмарність понад 80 %) спостерігається в холодний період, особливо в грудні, найбільша кількість сонячних днів (хмарність менша 20 %) – у квітні, серпні, вересні та жовтні [24; 46].

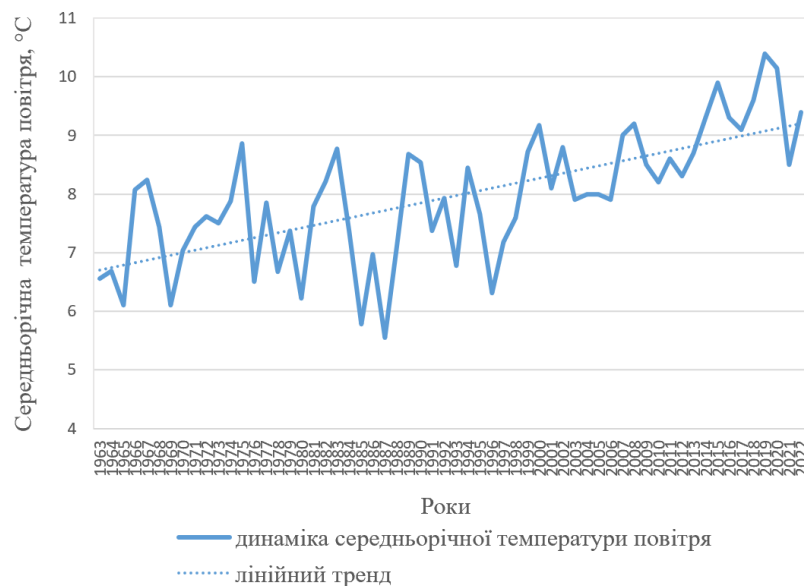
Для досліджуваного басейну характерне західне перенесення повітряних мас з Атлантичного океану. На діаграмі 2.2.1 добре помітно домінування вітрів західних румбів, що сприяє збільшенню кількості опадів у теплий період і частоти відлиг взимку. Найбільша кількість днів спостерігається зі швидкістю вітру 2,5–5,5 м/с. Вітри такої швидкості особливо характерні для травня–вересня. Цьому ж періоду притаманна найменша кількість днів з вітром більших від указанного інтервалу швидкостей. Найбільше днів зі слабким вітром (до 1,5 м/с) простежується у липні та серпні [46].



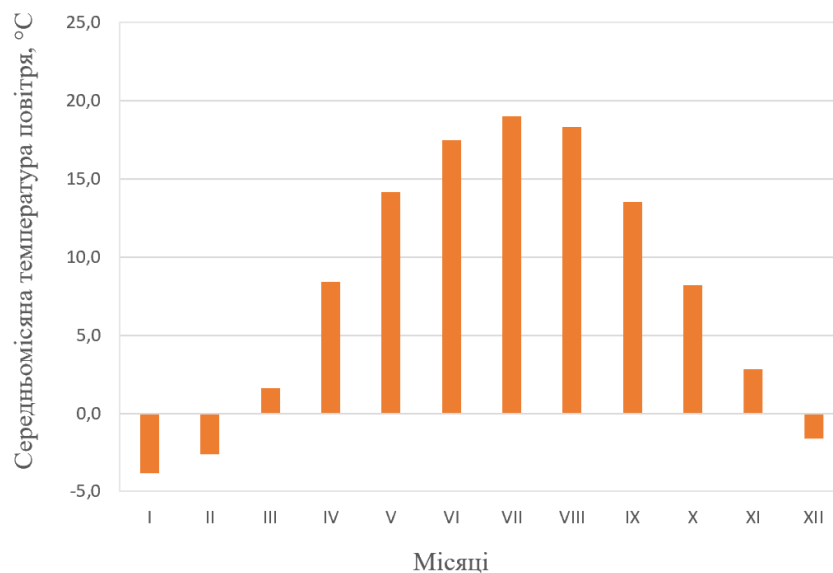
**Рис. 2.2.1. Роза вітрів на метеостанції Луцьк [46]**

Середнє за багаторічний період (1963–2022 рр.) значення середньорічної температури повітря на метеостанції Луцьк становить  $7,9^{\circ}\text{C}$ . У напрямку до сьогодні спостерігається стрімке зростання значень до  $10^{\circ}\text{C}$  і вище. Найнижчою за досліджуваний період середня річна температура була у 1985 і 1987 рр. – відповідно  $5,8^{\circ}\text{C}$  і  $5,6^{\circ}\text{C}$ , а найвищою – у 2019 і 2020 рр. – понад  $10^{\circ}\text{C}$  (рис. 2.2.2).

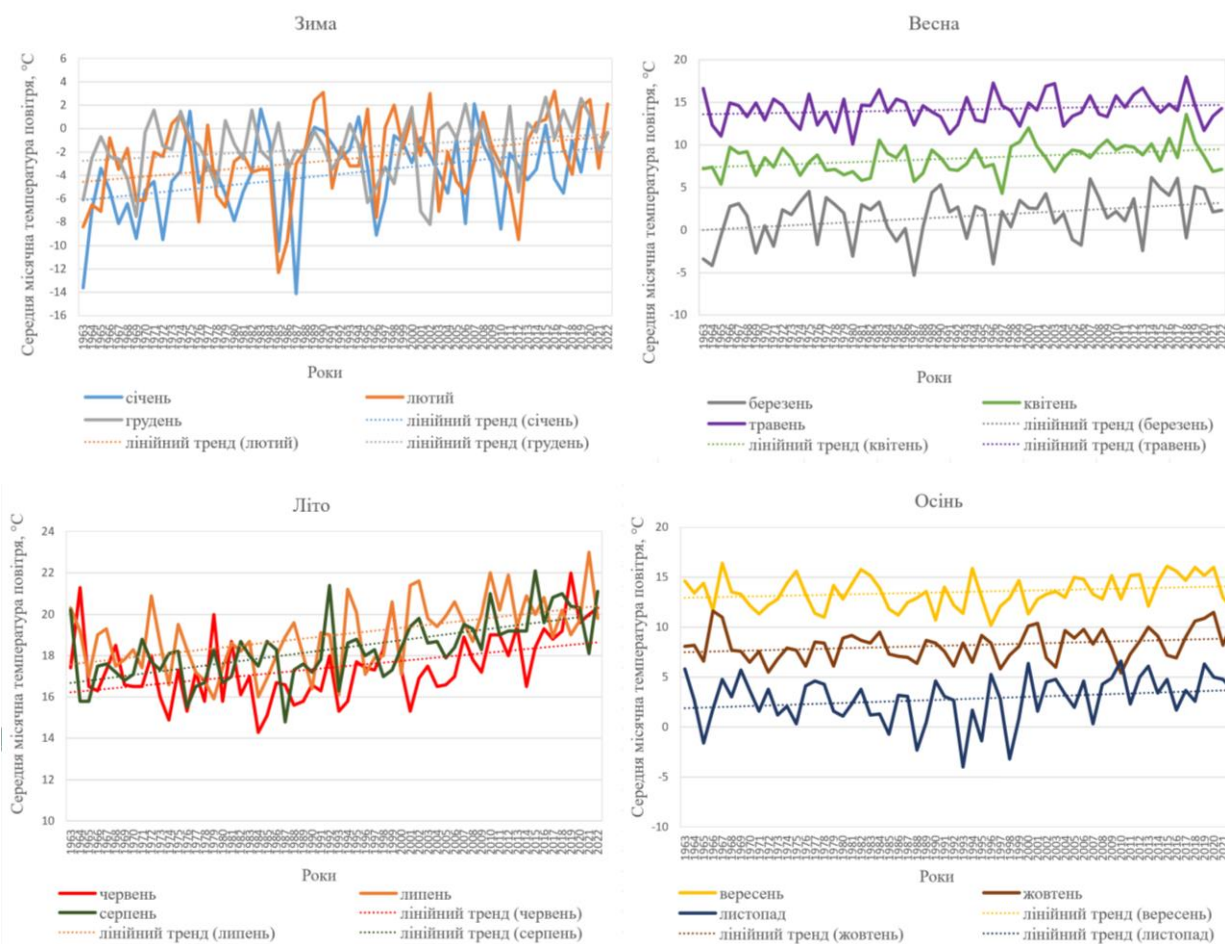
Упродовж року найвищі температури повітря характерні для липня –  $19^{\circ}\text{C}$ , а найнижчі – для січня ( $-3,8^{\circ}\text{C}$ ) (рис. 2.2.3). В останнє десятиліття середні місячні температури зимових місяців все частіше набувають «плюсових» значень [75, с. 43]. Зрештою, для всіх місяців року характерна тенденція до зростання значень середньомісячної температури повітря (рис. 2.2.4). Для середньорічної та середньомісячних температур повітря були побудовані хронологічні графіки й лінійні тренди (див. рис. 2.2.2, 2.2.4) та оцінена їхня значущість (табл. 2.2.1). Для середньорічної температури повітря, середньомісячних температур повітря січня, лютого, квітня, червня, липня, серпня, жовтня, грудня лінійні тренди упродовж 1963–2022 рр. є значущими (див. табл. 2.2.1).



**Рис. 2.2.2. Багаторічна (1963–2022 рр.) динаміка середньорічної температури повітря**



**Рис. 2.2.3. Річний режим температури повітря на метеостанції Луцьк (за усередненими даними 1963–2022 рр.)**



**Рис. 2.2.4. Багаторічна (1963–2022 рр.) динаміка середньомісячних температур повітря на метеостанції Луцьк**

Таблиця 2.2.1

**Оцінка значущості лінійних трендів метеорологічних параметрів на метеостанції Луцьк за досліджуваний період (1963–2022 рр.)**

Характеристика	Рівняння тренду	R <sup>2</sup>	R	σ <sub>R</sub>	2σ <sub>R</sub>	Статистична значимість тренду
<i>Середньорічна температура повітря</i>	$y = 0,0425x + 6,6535$	0,4556	0,675	0,071	0,142	тренд значимий
Середньомісячна температура повітря (січень)	$y = 0,0771x - 6,188$	0,1456	0,382	0,111	0,222	тренд значимий
Середньомісячна температура повітря (лютий)	$y = 0,066x - 4,6346$	0,1045	0,323	0,117	0,233	тренд значимий
Середньомісячна температура повітря (березень)	$y = 0,0541x - 0,0711$	0,1175	0,343	0,115	0,229	тренд значимий
Середньомісячна температура повітря (квітень)	$y = 0,0368x + 7,2952$	0,1448	0,381	0,111	0,223	тренд значимий
Середньомісячна температура повітря (травень)	$y = 0,0184x + 13,595$	0,0361	0,190	0,125	0,251	тренд незначимий
Середньомісячна температура повітря (червень)	$y = 0,0409x + 16,198$	0,1878	0,433	0,106	0,211	тренд значимий
Середньомісячна температура повітря (липень)	$y = 0,0474x + 17,543$	0,2581	0,508	0,097	0,193	тренд значимий



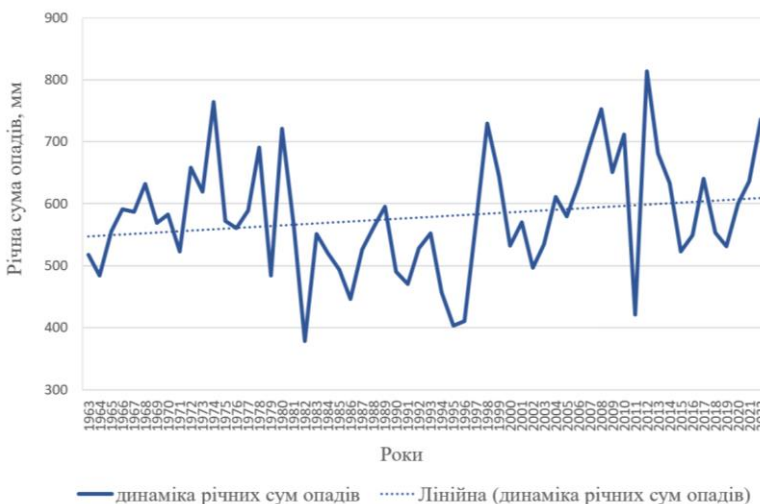
## Продовження таблиці 2.2.1

Характеристика	Рівняння тренду	R <sup>2</sup>	R	$\sigma_R$	2 $\sigma_R$	Статистична значимість тренду
Середньомісячна температура повітря (серпень)	$y = 0,0555x + 16,637$	0,4038	0,635	0,078	0,155	тренд значимий
Середньомісячна температура повітря (вересень)	$y = 0,0199x + 12,897$	0,0489	0,221	0,124	0,248	тренд незначимий
Середньомісячна температура повітря (жовтень)	$y = 0,0229x + 7,4989$	0,0679	0,261	0,121	0,242	тренд значимий
Середньомісячна температура повітря (листопад)	$y = 0,0305x + 1,8754$	0,0511	0,226	0,124	0,247	тренд незначимий
Середньомісячна температура повітря (грудень)	$y = 0,0387x - 2,7841$	0,0683	0,261	0,121	0,243	тренд значимий
<b>Річні суми опадів</b>	$y = 1,0519x + 545,84$	0,0387	0,197	0,125	0,250	тренд незначимий
Місячні суми опадів (січень)	$y = 0,125x + 27,912$	0,0161	0,127	0,128	0,256	тренд незначимий
Місячні суми опадів (лютий)	$y = -0,0914x + 32,788$	0,0087	0,093	0,129	0,258	тренд незначимий
Місячні суми опадів (березень)	$y = 0,145x + 23,523$	0,0249	0,158	0,127	0,254	тренд незначимий
Місячні суми опадів (квітень)	$y = -0,0432x + 39,284$	0,0012	0,035	0,130	0,260	тренд незначимий
Місячні суми опадів (травень)	$y = 0,2224x + 54,487$	0,0195	0,140	0,128	0,255	тренд незначимий

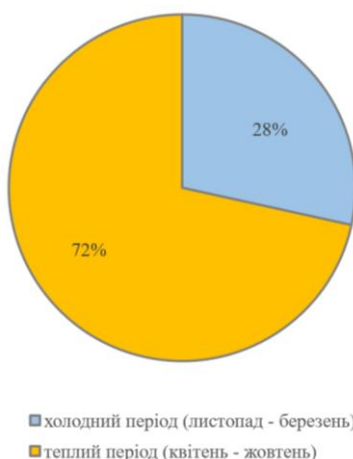
## Продовження таблиці 2.2.1

Характеристика	Рівняння тренду	R <sup>2</sup>	R	$\sigma_R$	2 $\sigma_R$	Статистична значимість тренду
Місячні суми опадів (червень)	$y = -0,0945x + 31,138$	0,0236	0,154	0,127	0,254	тренд незначимий
Місячні суми опадів (липень)	$y = 0,446x + 74,58$	0,0348	0,187	0,126	0,251	тренд незначимий
Місячні суми опадів (серпень)	$y = 0,1007x + 58,582$	0,0024	0,049	0,130	0,260	тренд незначимий
Місячні суми опадів (вересень)	$y = -0,0369x + 57,961$	0,0003	0,017	0,130	0,260	тренд незначимий
Місячні суми опадів (жовтень)	$y = -0,0548x + 40,393$	0,0012	0,035	0,130	0,260	тренд незначимий
Місячні суми опадів (листопад)	$y = -0,0532x + 36,742$	0,0033	0,057	0,130	0,260	тренд незначимий
Місячні суми опадів (грудень)	$y = 0,2391x + 32,303$	0,0426	0,206	0,125	0,250	тренд незначимий

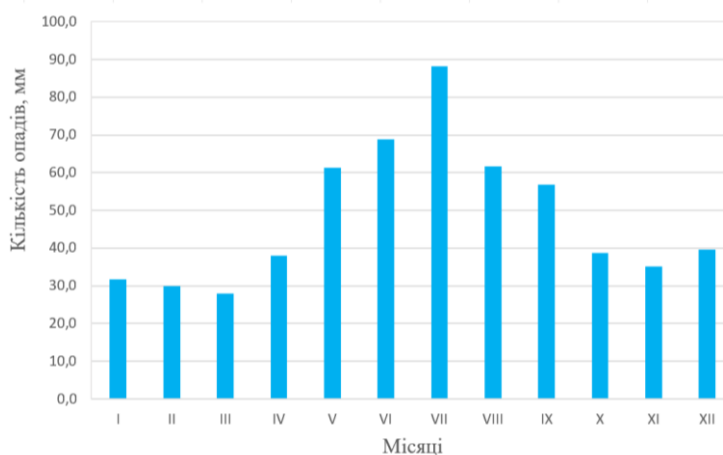
Середнє багаторічне (1963–2022 рр.) значення річних сум опадів становить 577,9 мм. Упродовж досліджуваного періоду простежується зростання величин показника (рис. 2.2.5), але тренд незначимий (див. табл. 2.1). Левова частка (72 %) випадає у теплий період року (рис. 2.2.6). Найбільші місячні суми опадів характерні для липня, а найменші – для березня (рис. 2.2.7). За досліджуваний період простежується зростання місячних сум опадів у січні, березні, травні, липні, серпні та грудні (рис. 2.2.8), зменшення – у лютому, квітні, червні, вересні, жовтні й листопаді, але лінійні тренди коливань річних і місячних сум опадів не значущі (див. табл. 2.1).



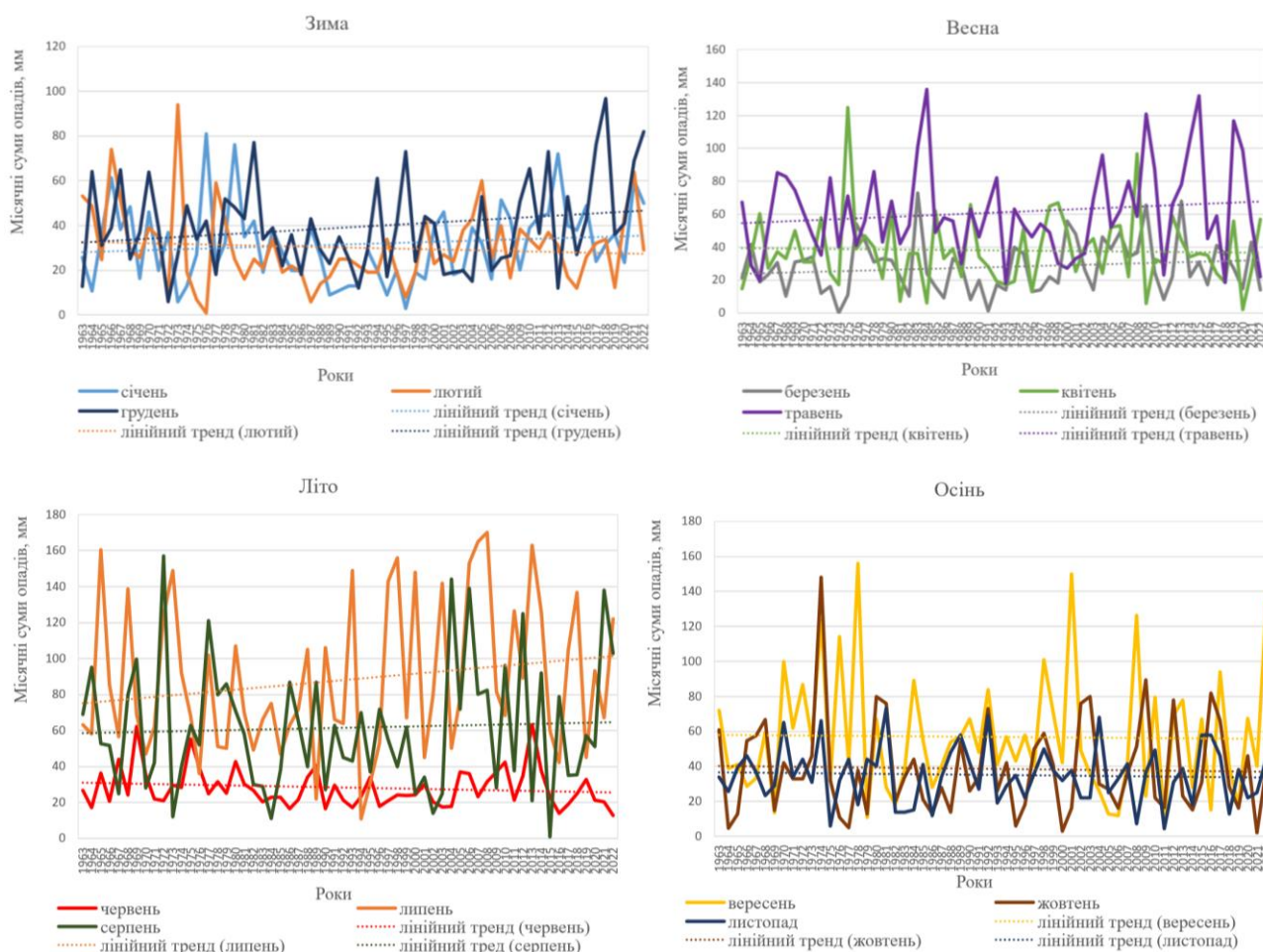
**Рис. 2.2.5. Багаторічна (1963–2022 рр.) динаміка річних сум опадів на метеостанції Луцьк**



**Рис. 2.2.6. Розподіл опадів на метеостанції Луцьк за холодним і теплим сезонами року**

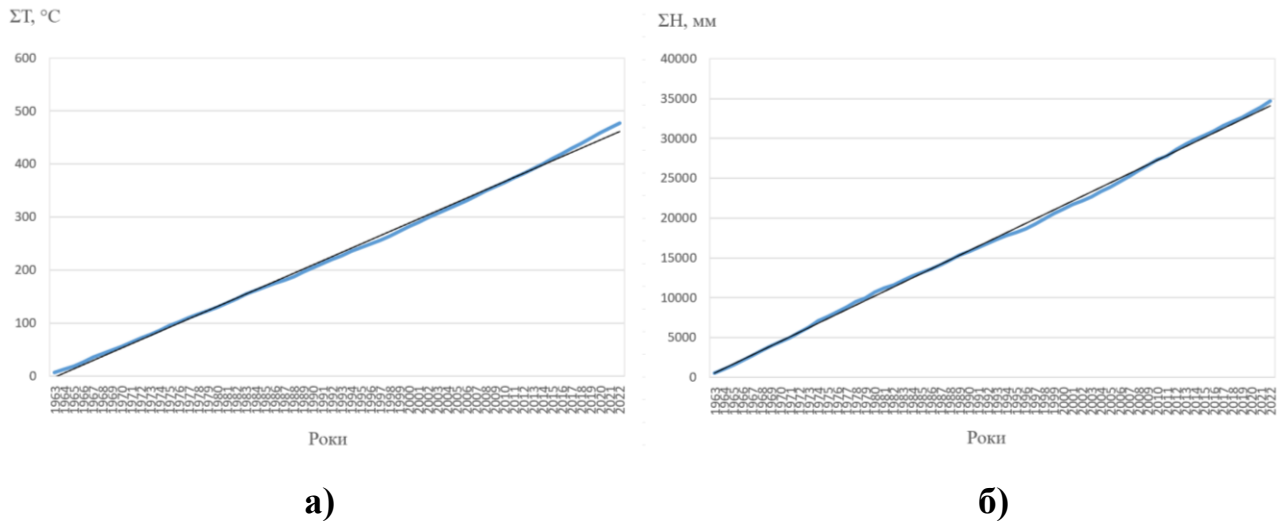


**Рис. 2.2.7 Річний режим випадання опадів на метеостанції Луцьк (за усередненими даними 1963–2022 рр.)**



**Рис. 2.2.8. Багаторічна (1963–2022 рр.) динаміка місячних сум опадів на метеостанції Луцьк**

Побудовані сумарні криві середньорічної температури повітря й річних сум опадів повітря показали, що ряди спостережень є однорідними, оскільки якихось суттєвих змін у напрямках кривих нема. Незначні відхилення в напрямках кривої середньорічної температури повітря характерні для останніх десяти років досліджуваного періоду, що засвідчує стрімке регіональне потепління, пов'язане з природними глобальними циклічними змінами клімату й додатковим антропогенним чинником – створенням осередку тепла в м. Луцьк, яке з року в рік розширює площі забудованих земель і штучних покриттів.



**Рис. 2.2.9. Сумарні криві середньорічної температури повітря (а), річних сум опадів (б) на метеостанції Луцьк**

На основі здійснених графічних побудов та розрахунків, можна стверджувати, що на метеостанції Луцьк простежуються помітні кліматичні зміни: зростання температури повітря у всі місяці року, зростання кількості опадів, переважно, у холодний період і їх зменшення в осінній період, що може мати велике значення для формування максимального стоку та витрат літньої-осінньої і зимової межені.

### **2.3. Ґрунтово-рослинний покрив**

Ґрунотвірні умови в басейні річки Стир відмінні в лісові та лісостеповій частинах, що й зумовило диференціацію ґрунтового покриву водозбору: у верхній частині басейну переважають перегнійно-карбонатні, дерново-слабопідзолисті і чорноземні, в середній – сірі опідзолені, у нижній – дерново-слабо- й середньо-підзолисті в комплексі з дерново-глеєвими та болотними [11; 49].

У досліджуваному басейні р. Стир під впливом місцевих чинників підстильної поверхні сформувалися ділянки з окремими типами ґрунтів: лісові ґрунти й опідзолені чорноземи займають пасма з лесоподібних суглинків південної частини Малого Полісся; родючі дерново-карбонатні ґрунти

утворилися на місцях виходу мергелів; на підвищених і розчленованих ділянках лісостепу залягають світло-сірі й сірі опідзолені ґрунти; темно-сірі опідзолені ґрунти характерні до більш вирівняних вододільних ділянок; чорноземи типові сформувалися на пологих схилах невисоких плоских вододілів і на надзаплавних терасах річок [24].

Географічна зональність і тип ґрунту зумовили поширення рослинності в басейні р. Стир. Сучасна рослинність сформувалася в льодовиковий та післяльодовиковий час. Південну частину водозбору займають лісостепові та широколистяні комплекси, північну – мішанолісові. Також у досліджуваному басейні поширена лучна, болотна, водна, прибережна, степова рослинність.

Для подільської частини басейну характерні широколистяні дубові, дубово-грабові та грабові ліси, заплавні луки, низинні трав'яні болота. У межах Волинської височини, що простягається у басейні річки, поширені широколистяні та змішані ліси з дуба звичайного, сосни, граба, ясена звичайного, липи, клена; заплавні різнотравні та різнотравно-осокові луки; низинні болота. Поліська частина басейну багата сосновими та вторинними березовими, дубово-сосновими лісами, зеленомоховими, сфагновими борами; суходільними й заплавними луками; низинними, трав'яними та трав'яно-моховими сфагновими болотами. Ліси становлять 22 %, лучно-болотна рослинність – 14 %, озера – 0,2 % площі басейну р. Стир [24; 44].

#### **2.4. Ландшафтні особливості басейну р. Стир**

Значна субмеридіональна протяжність басейну зумовила ландшафтне різноманіття басейну річки Стир.

На підвищеннях верхньої та середньої течії річки із сірими і темно-сірими лісовими ґрунтами сформувалися широколистянолісові ландшафти. Цьому сприяли помірний клімат, близький до оптимального, з вегетаційним періодом 200 днів, сумарною температурою 2700°C, річною сумою опадів близько 600 мм. На лесових рівнинах поширені грабові діброви, а на високих вододілах – букові ліси [24].

На Малому Поліссі типовими є лучно-болотні ландшафти. На височинних ділянках Волинського Опілля поширені сильно розчленовані підняття, розчленовані лесові височини, структурно-денудаційні, слабохвилясті та плоскі розчленовані лесові рівнини та заплави річок. З перетворених господарською діяльністю найбільш поширені меліоровані, агрокультурні, лісові, промислові, урбанізовані та рекреаційні ландшафти [49].

Завдяки помірно теплому клімату на безкарбонатних льодовикових, водно-льодовикових, давньоалювіальних відкладах поліської частини басейну в антропогеновий період сформувалися хвойно-широколистяні ліси. Цей мішанолісовий ландшафт характеризується відносно вирівняною поверхнею, близьким заляганням ґрунтових вод, густою гідрографічною мережею. Найбільш типовими є дубово-соснові ліси, лучна та болотна рослинність. Перший ландшафтний рівень Волинського Полісся характеризується домінуванням заплавних лучно-болотних ландшафтів; другий – заплавних терас і ділянок давніх річкових долин, третій – моренно-зандрових місцевостей, четвертий – моренно-горбистих місцевостей. Найвищий ландшафтний займають денудаційні і хвилясті рівнинні ділянки [24].

## **2.5. Господарська діяльність у басейні річки**

Вплив господарської діяльності у межах басейну р. Стир стрімко зріс із середини ХХ ст., що відобразилося на екологічному стані річок.

Найочевиднішим втручанням в екосистеми досліджуваного басейну є осушувальна меліорація, яка призвела до трансформації ландшафту, зниження родючості та деградації ґрунтів, спрямлення і замулення русел річок. Найінтенсивніше меліорація проводилася в 1950-1970-их роках. Внаслідок таких гідротехнічних втручань площа водно-болотних угідь басейну р. Стир зменшилася більш ніж у 6 разів порівняно з попереднім століттям, що призвело до змін водного, теплового, агрохімічного режимів території, зменшення біорізноманіття. Нині осушувальні системи слабо виконують свої функції,

польдерні системи зруйновані, канали замулені, у нижній частині басейну розвивається вторинний процес заболочення [24].

На гідрологічний режим річки та стан заплавно-руслових ландшафтів водозбору значно вплинуло будівництво штучних ставків і водосховищ з метою акумуляції води та подальшого її використання, регулювання річкового стоку, виробництва електроенергії, а також для забезпечення потреб населення й господарства у водопостачанні. Найбільшими водосховищами басейну р. Стир є Хрінницьке, розташоване у верхів'ї річки Стир, та Млинівське на р. Іква. Негативний вплив водосховищ полягає у підвищенні рівнів повені та збільшенні її тривалості у верхів'ї басейну, що призводить до погіршення якості води, її цвітіння, зміни флори і фауни [24].

Пригирлова поліська частина басейну зазнала значного антропогенного впливу через аварію на Чорнобильській атомній електростанції.

Висока розораність басейну (65 %) призводить до знищення природного біорізноманіття й зростання еродованості поверхні, особливо у верхній частині. Це, своєю чергою, впливає на зміни поверхневого стоку води, сприяє підвищенню його каламутності та зміні хімічного складу [24].

Зростання урбанізації сприяє формуванню потужних осередків забруднення довкілля – міст і приміських населених пунктів з відповідною інфраструктурою та штучними маловодопроникними покриттями. У межах басейну проживає близько 800 тис. осіб, розміщено більше 500 населених пунктів. Значну роль у забрудненні води р. Стир мають стоки житлово-комунальних і промислових підприємств, а також добрива, отрутохімікати, гербіциди, продукти ерозії, які виносяться повеневими водами із сільськогосподарських угідь. Головними забруднювачами поверхневих вод р. Стир є комунальні господарства та Рівненська АЕС, що належить до радіаційно-небезпечних об'єктів.

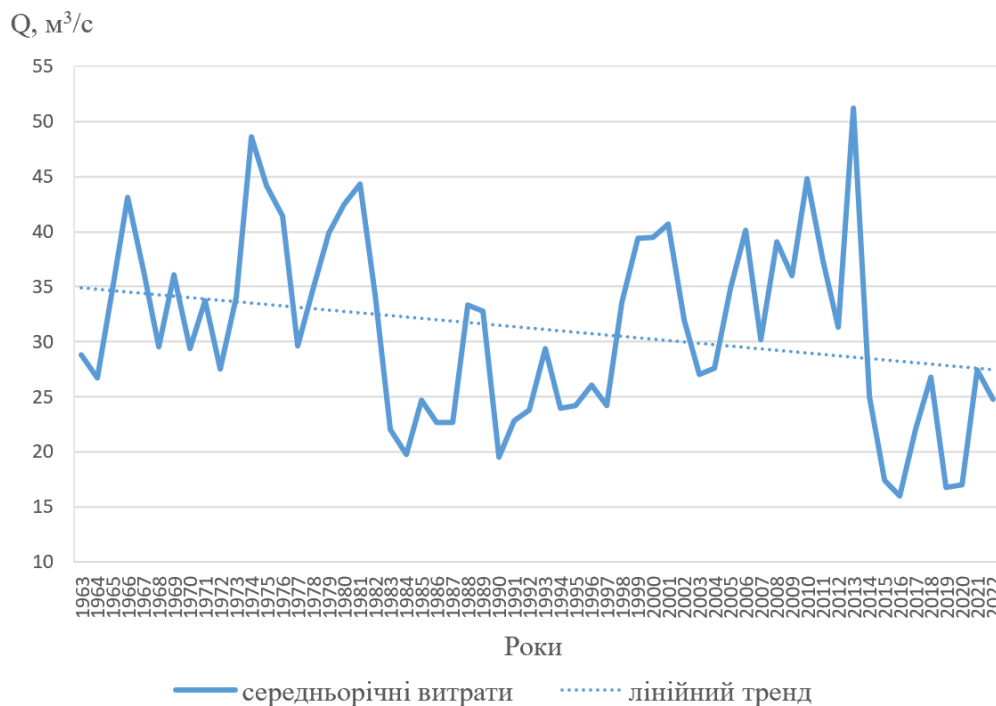


## РОЗДІЛ 3. БАГАТОРІЧНА (1963–2022 РР.) ДИНАМІКА ВОДНОГО СТОКУ Р. СТИР НА ГІДРОПОСТУ ЛУЦЬК

### 3.1. Тенденції змін середньорічних, максимальних, мінімальних та середньомісячних витрат води річки

Аналіз тенденцій багаторічної динаміки середньорічного стоку води р. Стир виконано за даними багаторічних спостережень гідрологічного посту Луцьк, спостереження на якому розпочато у 1923 році. Згідно Водного кодексу України за площею водозбору річка Стир належить до середніх.

Середнє за досліджуваний шістдесятирічний період значення середньорічних витрат р. Стир становить  $31,16 \text{ м}^3/\text{с}$ . Багаторічна динаміка середньорічного стоку р. Стир характеризується наявністю спадаючого і статистично значимого тренду (рис. 3.1.1, табл. 3.1).



**Рис. 3.1.1. Багаторічна (1963–2022 рр.) динаміка середньорічного стоку р. Стир**

Таблиця 3.1

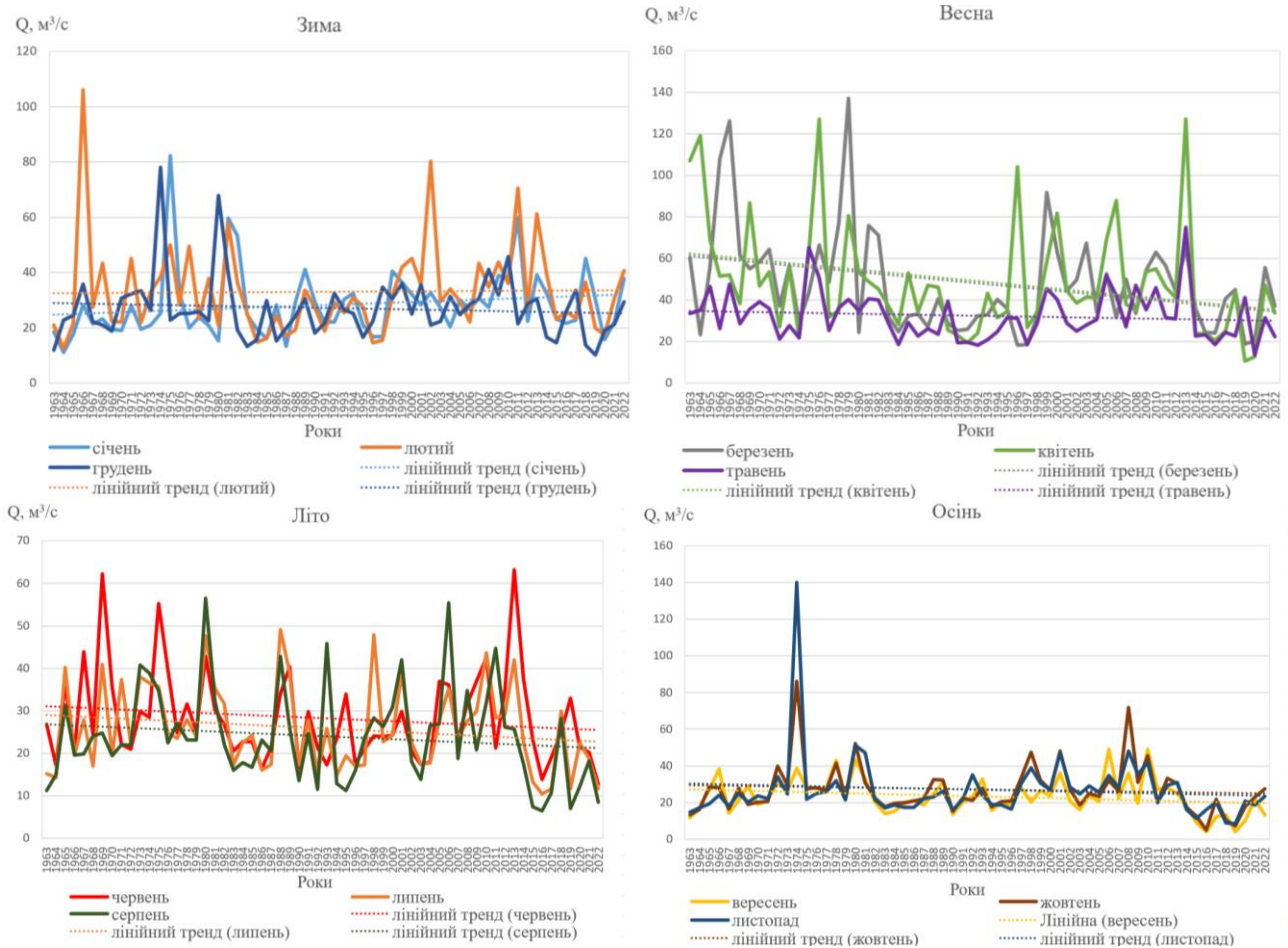
**Оцінка значущості лінійних трендів гідрологічних параметрів на метеостанції Луцьк за досліджуваний період (1963–2022 рр.)**

Характеристика	Рівняння тренду	R <sup>2</sup>	R	$\sigma_R$	2 $\sigma_R$	Статистична значимість тренду
Середньорічні витрати води	$y = -0,1264x + 35,019$	0,0687	0,262	0,121	0,242	тренд значимий
Максимальні витрати	$y = -2,3125x + 171,99$	0,3213	0,567	0,088	0,177	тренд значимий
Мінімальні витрати літньо-осінньої межені	$y = -0,0382x + 15,969$	0,0133	0,115	0,128	0,257	тренд незначимий
Мінімальні витрати зимової межені	$y = 0,0631x + 15,802$	0,0218	0,148	0,127	0,255	тренд незначимий
Середні місячні витрати (січень)	$y = 0,1223x + 24,689$	0,0293	0,171	0,126	0,253	тренд незначимий
Середні місячні витрати (лютий)	$y = 0,0198x + 32,421$	0,0004	0,02	0,130	0,260	тренд незначимий
Середні місячні витрати (березень)	$y = -0,4532x + 61,461$	0,1039	0,322	0,117	0,233	тренд значимий
Середні місячні витрати (квітень)	$y = -0,4592x + 62,675$	0,0887	0,298	0,119	0,237	тренд значимий
Середні місячні витрати (травень)	$y = -0,0816x + 34,669$	0,0149	0,122	0,128	0,256	тренд незначимий
Середні місячні витрати (червень)	$y = -0,0945x + 31,138$	0,0236	0,154	0,127	0,254	тренд незначимий
Середні місячні витрати (липень)	$y = -0,1058x + 29,077$	0,0334	0,183	0,126	0,252	тренд незначимий

Характеристика	Рівняння тренду	R <sup>2</sup>	R	$\sigma_R$	2 $\sigma_R$	Статистична значимість тренду
Середні місячні витрати (серпень)	$y = -0,0945x + 26,895$	0,0216	0,147	0,127	0,255	тренд незначимий
Середні місячні витрати (вересень)	$y = -0,1277x + 27,333$	0,052	0,228	0,123	0,247	тренд незначимий
Середні місячні витрати (жовтень)	$y = -0,075x + 29,328$	0,0093	0,096	0,129	0,258	тренд незначимий
Середні місячні витрати (листопад)	$y = -0,112x + 30,323$	0,0125	0,112	0,129	0,257	тренд незначимий
Середні місячні витрати (грудень)	$y = -0,0633x + 28,931$	0,0093	0,096	0,129	0,258	тренд незначимий

Тенденція до зниження водного стоку р. Стир характерна для всіх місяців року, окрім січня і лютого (рис. 3.1.2, див. табл. 3.1). Усі тренди динаміки середньомісячних величин є статистично не значущими, за винятком березня і квітня, для яких характерне стрімке зменшення водного стоку (див. табл. 3.1).

На рис. 3.1.3. ми відобразили водність річки за роками досліджуваного періоду. У проміжку із 1965 до 1981 року переважали багатоводні й відносно багатоводні роки, з 1983 по 1997 рр. – маловодні й відносно маловодні роки, з 1999 по 2013 рр. – багатоводні й відносно багатоводні роки, з 2014 і до 2022 рр. – маловодні й відносно маловодні. Зважаючи на циклічність формування водності р. Стир, можна припустити, що в наступні 5–6 років водність річки буде нижчою її середнього значення.

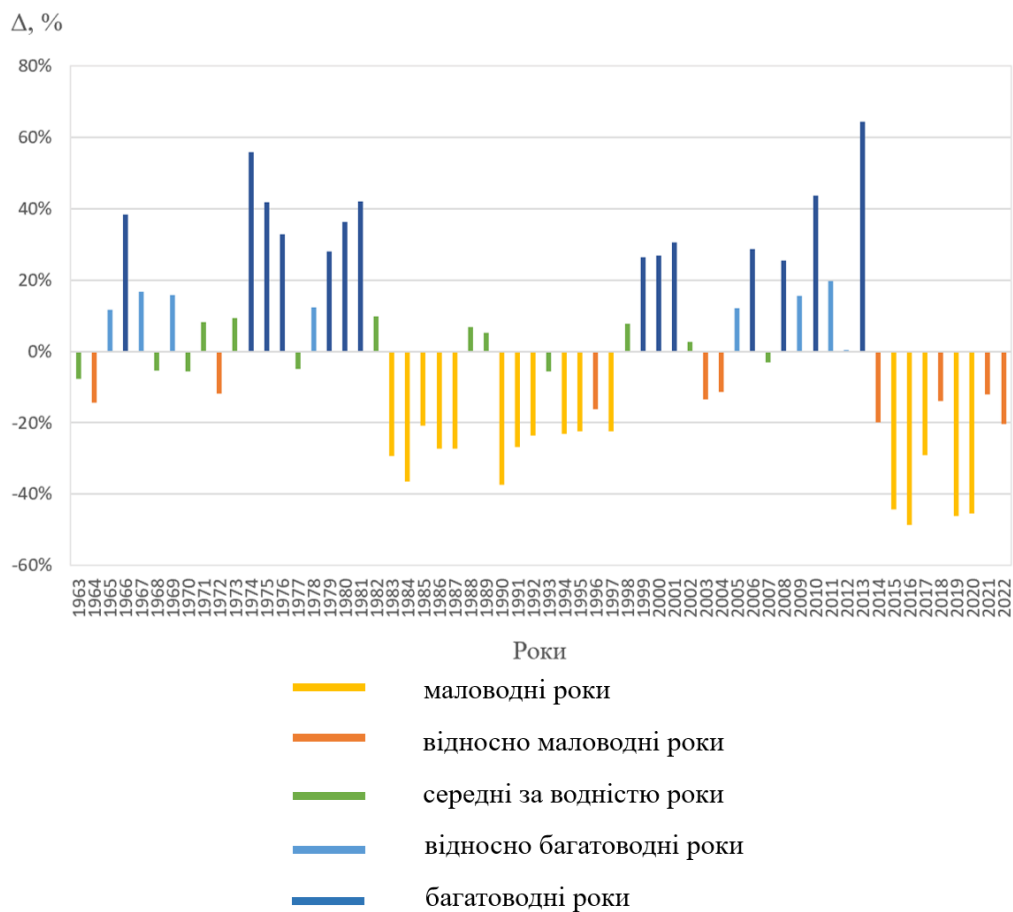


**Рис. 3.1.2. Багаторічна (1963–2022 рр.) динаміка середніх місячних витрат води р. Стир**

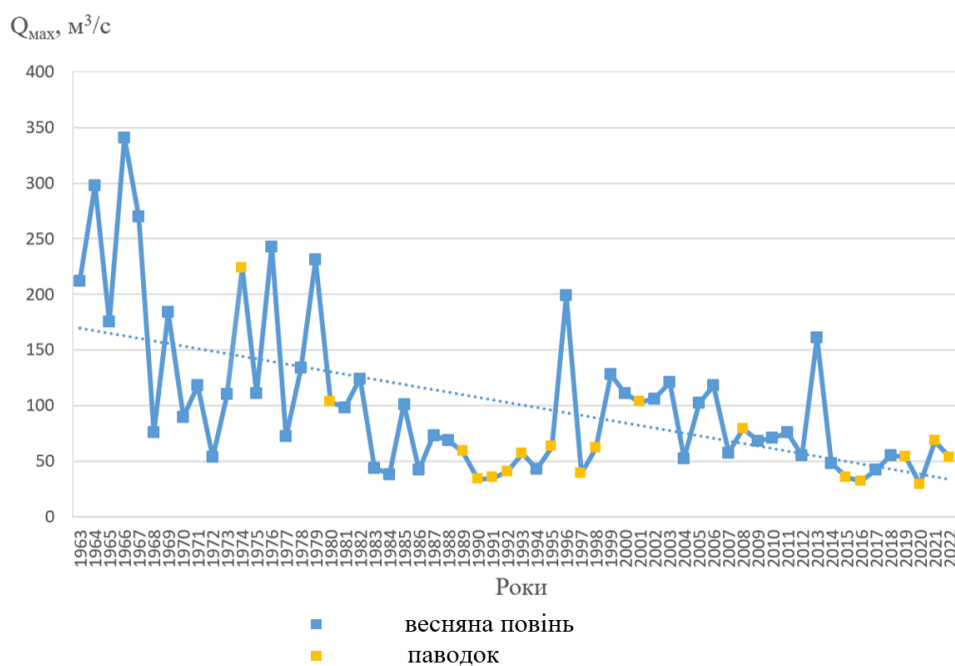
Середнє значення за шістдесятирічний період максимальних витрат р. Стир становить  $101,46 \text{ м}^3/\text{с}$ . Для максимального стоку характерна чітко виражена тенденція до зменшення його величин (лінійний тренд статистично значимий) (рис. 3.1.4, див. табл. 3.1).

Середнє за досліджуваний період значення витрат літньо-осінньої межени становить  $14,81 \text{ м}^3/\text{с}$ . Лінійний тренд демонструє зменшення величин у напрямку до сьогодні (рис. 3.1.5), але статистично не є значимим (див. табл. 3.1).

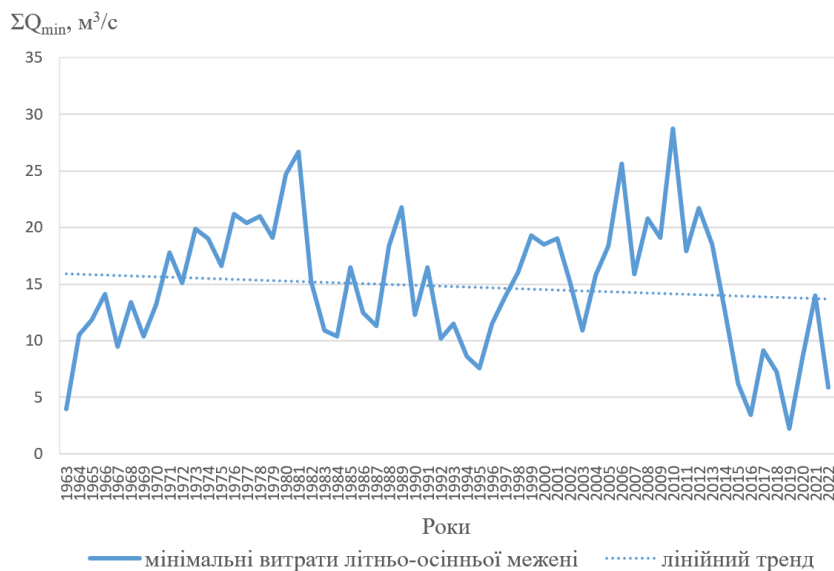
Середнє за досліджуваний період значення витрат зимової межени становить  $17,73 \text{ м}^3/\text{с}$ . Лінійний тренд указує на зростання величин з часом (рис. 3.1.6), але статистично не є значимим (див. табл. 3.1).



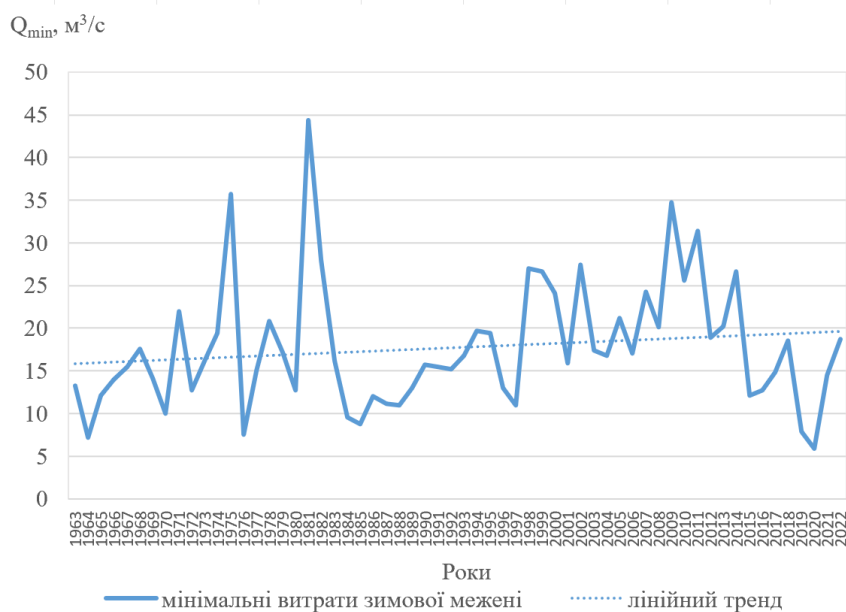
**Рис. 3.1.3. Водність р. Стир упродовж досліджуваного періоду**



**Рис. 3.1.4. Багаторічна (1963–2022 рр.) динаміка максимального стоку р. Стир**



**Рис. 3.1.5. Багаторічна (1963–2022 р.) динаміка мінімальних витрат літньо-осінньої межні р. Стир**



**Рис. 3.1.6. Багаторічна (1963–2022 р.) динаміка мінімальних витрат зимової межні р. Стир**

Таким чином, аналіз графіків та статистичних розрахунків підтверджує зміни водного стоку р. Стир: і середньорічних, і максимальних, і мінімальних витрат. Найбільш вираженими є зміни максимального стоку (зменшення) внаслідок суттєвого зменшення витрат у березні та квітні – в період весняного водопілля.

За сценаріями розвитку кліматичних змін А1В, В1, А2 в Україні до 2039 року для басейну р. Прип'ять прогнозується зменшення величин максимальних витрат весняної повені на 5–20 %. Сценарій СОММІТ, навпаки, передбачає зростання витрат весняної повені на річках зони достатнього зволоження, у тім числі р. Прип'ять та її приток. За сценаріями А1В та А2 до 2099 р. передбачається скорочення витрат весняного водопілля у цій зоні до 50 %. За сценаріями В1 та СОММІТ очікується зменшення витрат водопілля до 2069 р. на 20–50 %, а згодом, до 2099 р. – їх незначне зростання [69, с. 229–230].

### 3.2. Кореляція річкового стоку з кліматичними характеристиками

Для виявлення міцності зв'язку між кліматичними параметрами й величинами водного стоку р. Стир (гідропост Луцьк) нами було розраховано відповідні коефіцієнти кореляції і створено деякі графічні ілюстрації полів кореляції (табл. 3.2.1, рис. 3.2.1).

Таблиця 3.2.1

#### Тіснота зв'язку гідрометеорологічних параметрів на гідропосту Луцьк

Характеристики	Коефіцієнт кореляції та його інтерпретація [81, с. 222]
Середньорічна температура повітря й середньорічні витрати водного стоку	$r = -0,15262 \pm 0,1$ (зв'язок обернений слабкий)
Річна сума опадів й середньорічні витрати водного стоку	$r = 0,367108 \pm 0,1$ (зв'язок прямий середній)
Середньорічна температура повітря й річна сума опадів	$r = 0,184821 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (січень)	$r = 0,087046 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (січень)	$r = 0,40388 \pm 0,1$ (зв'язок прямий середній)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (лютий)	$r = 0,266771 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)

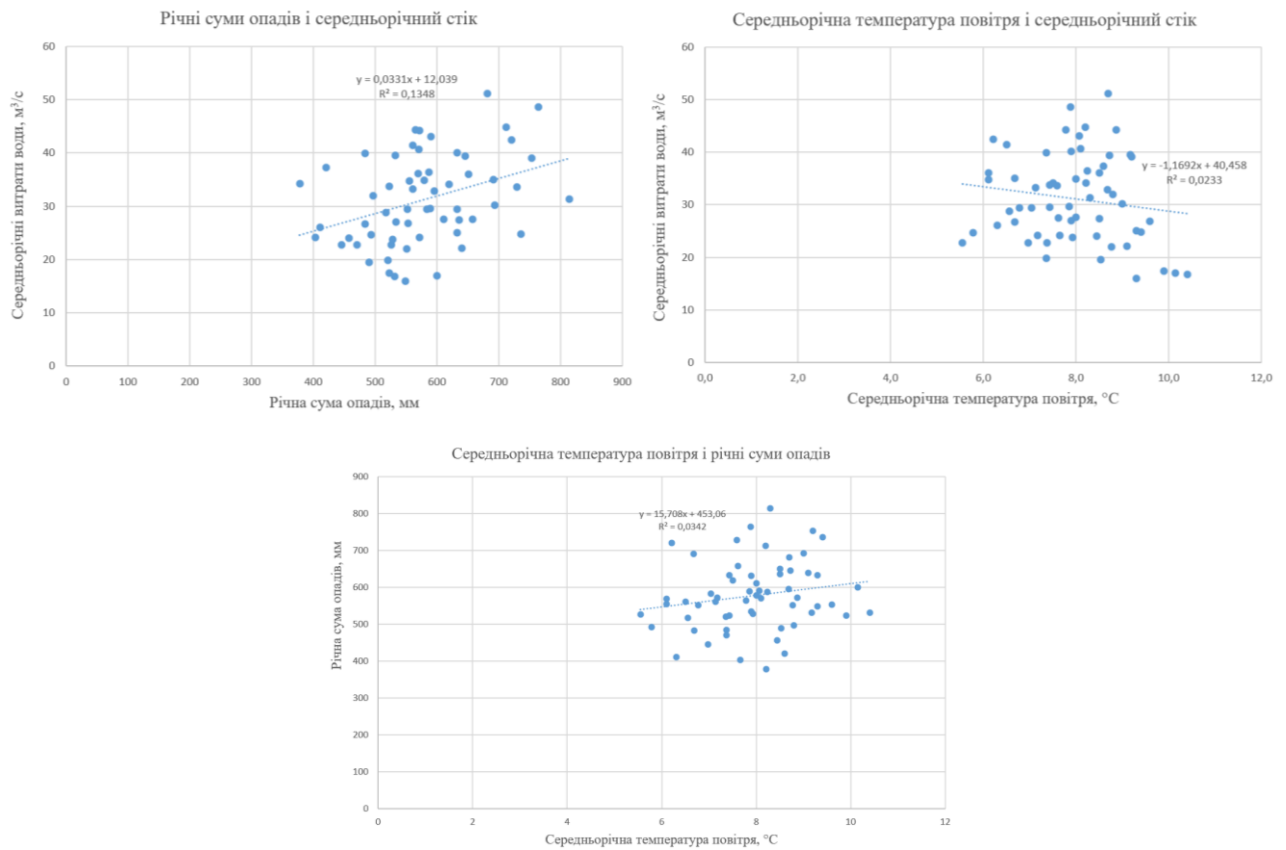
## Продовження таблиці 3.2.1

Характеристики	Коефіцієнт кореляції та його інтерпретація [81, с. 222]
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (лютий)	$r = 0,297258 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (березень)	$r = 0,124928 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (березень)	$r = 0,037526 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (квітень)	$r = 0,054002 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (квітень)	$r = -0,07633 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (травень)	$r = -0,01272 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (травень)	$r = 0,083096 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (червень)	$r = 0,282859 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (червень)	$r = -0,1401 \pm 0,1$ (зв'язок обернений слабкий)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (липень)	$r = 0,244603 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (липень)	$r = -0,09159 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (серпень)	$r = 0,092871 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (серпень)	$r = -0,33872 \pm 0,1$ (зв'язок обернений середній)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (вересень)	$r = 0,222646 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (вересень)	$r = -0,31424 \pm 0,1$ (зв'язок обернений середній)



## Продовження таблиці 3.2.1

Характеристики	Коефіцієнт кореляції та його інтерпретація [81, с. 222]
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (жовтень)	$r = 0,397752 \pm 0,1$ (зв'язок прямий середній)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (жовтень)	$r = -0,03455 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (листопад)	$r = 0,341744 \pm 0,1$ (зв'язок прямий середній)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (листопад)	$r = -0,05345 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Місячна сума опадів і середні місячні витрати водного стоку (грудень)	$r = 0,12761 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)
Середня місячна температура повітря і середні місячні витрати водного стоку (грудень)	$r = 0,1104 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)
Річна сума опадів і максимальні витрати водного стоку	$r = -0,06879 \pm 0,1$ (зв'язок відсутній)
Середньорічна температура повітря і максимальні витрати водного стоку	$r = -0,37053 \pm 0,1$ (зв'язок обернений середній)
Річна сума опадів і мінімальні витрати водного стоку літньо-осінньої межні	$r = 0,392173 \pm 0,1$ (зв'язок прямий середній)
Середньорічна температура повітря і мінімальні витрати водного стоку літньо-осінньої межні	$r = -0,19585 \pm 0,1$ $r =$ (зв'язок обернений слабкий)
Річна сума опадів і мінімальні витрати водного стоку зимової межні	$r = 0,126039 \pm 0,1$ (зв'язок прямий слабкий)
Середньорічна температура повітря і мінімальні витрати водного стоку зимової межні	$r = 0,273252$ (зв'язок прямий слабкий)



**Рис. 3.2.1. Поля кореляції досліджуваних гідрометеорологічних показників**

Найтісніший (середній) прямий зв'язок простежується між річними сумами опадів й середньорічними витратами водного стоку, середньою місячною температурою повітря січня і середніми витрати водного стоку цього місяця, між місячними сума опадів жовтня і середніми витратами водного стоку цього місяця, між місячними сумами опадів листопада і середніми витрати водного стоку цього місяця, річними сумами опадів і мінімальними витратами водного стоку літньо-осінньої межени (див. табл. 3.2.1).

Найтісніший (середній) обернений зв'язок характерний для середньої температури повітря серпня і середніх витрат водного стоку цього місяця, середньої температури повітря вересня і середніх витрат водного стоку цього місяця, середньорічної температури повітря і максимальних витрат водного стоку (див. табл. 3.2.1).

Усі інші досліджувані взаємозв'язки мають слабку тісноту кореляції, або взагалі відсутню.

### 3.3. Циклічність коливань водного стоку річки

Циклічність багаторічних коливань – «зміни водності, які характеризуються чергуванням маловодних та багатоводних групувань різної тривалості та різної величини відхилення від середнього багаторічного значення стоку за період, що розглядається». При цьому аналізуються такі важливі аспекти циклічності як синхронність/асинхронність, синфазність/асинфазність коливань. Їх зумовлюють особливості випадання атмосферних опадів у просторі й часі та ґрунтово-геоморфологічні відмінності водозбору. Для оцінювання циклічних коливань гідрометеорологічних показників ми застосували метод різницевої інтегральної кривої, оскільки, на думку багатьох науковців [13, с. 35] він дозволяє чітко визначати межі фаз водності.

На рис. 3.3.1 чітко простежується два майже повні цикли водності р. Стир. З 1964 р. і до 1982 р. включно відбувалося зростання середньорічних витрат (тривалість фази – 20 років), з 1983 р. і до 1997 р. – його зниження (тривалість фази – 15 років), з 1998 р. і до 2013 р. – знову зростання (тривалість фази – 16 років), а з 2014 і до кінця досліджуваного періоду відбувається спадання водності. У коливанні опадів фаза їх зростання простежувалася впродовж 1964–1980 рр., 1998–2022 рр., а зменшення – впродовж 1981–1997 рр. У цілому коливання цих гідрометеорологічних величин відбувалося синфазно, але асинхронно – зі зміщенням коливань стоку відносно опадів на 1–2 роки. Внаслідок цього в окремі роки спостерігається асинфазність їхніх коливань. Так, у 1971, 1974–1976, 1979, 1981, 2001, 2002, 2004, 2011, 2014, 2017 помітні протилежні тенденції коливань аналізованих параметрів. Ймовірно, крім природного ефекту запізнення гідрологічних явищ відносно погодно-кліматичних умов, причиною асинхронності коливань стоку й опадів досліджуваного періоду були вплив меліоративних заходів, які проводилися в басейні річки, та запуск Хрінниківського водосховища. З 1982 р. і до 1999 р. коливання опадів і середньорічного стоку були синхронними й синфазними. Далі до 2014 р. коливання цих гідрометеорологічних величин були синфазними, але із невідповідністю коливань водного стоку і опадів приблизно на 1–2 роки.

Упродовж 2020–2022 р. коливання середньорічного стоку й річних сум опадів були синхронними але асинфазними. Узгодженість коливань аналізованих параметрів упродовж 1963–2022 рр. підтверджує прямий середній кореляційний зв'язок між ними (див. табл. 3.2.1).

Якщо у коливаннях середньорічного стоку ми бачимо майже два повні цикли (дві фази зростання водності і дві фази її зменшення), у коливанні опадів – дві фази зростання річних сум і одна фаза їх зменшення, то у коливанні середньорічної температури повітря – одна фаза зростання і одна фаза зниження. Перший у досліджуваному періоді цикл водності відповідає фазі зменшення середньорічної температури повітря, а другий цикл водності – фазі її зростання (див. рис. 3.3.1). Слабку узгодженість коливань середньорічного стоку й середньорічних температур повітря підтверджує і слабка обернена тіснота зв'язку цих показників.

У коливанні максимальних витрат і річних сум опадів синфазність і синхронність простежується з початку досліджуваного періоду і до 1995 року. У наступні роки коливання цих гідрометеорологічних параметрів були синхронними, але асинфазними, тобто зростання середньорічних температур супроводжувалося зменшенням максимального стоку. Як наслідок, коефіцієнт кореляції між зазначеними показниками демонструє відсутність зв'язку між ними (див. табл. 3.2.1). Коливання максимального стоку і середньорічних температур повітря є асинфазними й синхронними, що підтверджує обернений середній кореляційний зв'язок між ними (див. табл. 3.2.1) (рис. 3.3.2). Перше двадцятиліття (1963–1982 рр.) фази зниження середньорічних температур повітря досліджуваного періоду відбувалося на фоні значно більших сум опадів січня й лютого із суттєво нижчими їхніми середньомісячними температурами повітря, ніж у наступному (1983–1998 рр.) періоді цієї ж фази (табл. 3.3.1). Це, найімовірніше, і посприяло формуванню значних снігозапасів і, відповідно, потужних повеней (генезис максимального стоку відображено на рис. 3.1.4) упродовж 1963–1982 рр., що і призвело до формування фази зростання максимальних витрат водного стоку саме в цей період. Фаза зменшення

максимального стоку, яка розпочалася з 1983 р., пов'язана із суттєвим зменшенням витрат весняної повені (див. рис. 3.1.4) через значне потепління в усі місяці року, а особливо взимку (див. рис. 2.2.4, див. табл. 2.2.1) і зменшення кількості опадів в осінні місяці, що теж не сприяє формуванню вологозапасів для настання весняної повені наступного року (див. рис. 2.2.8, див. табл. 2.2.1).

Таблиця 3.3.1

**Середньомісячні показники кількості опадів і температури повітря у січні й лютому в різні часові періоди фази зниження середньорічних температур повітря на метеостанції Луцьк**

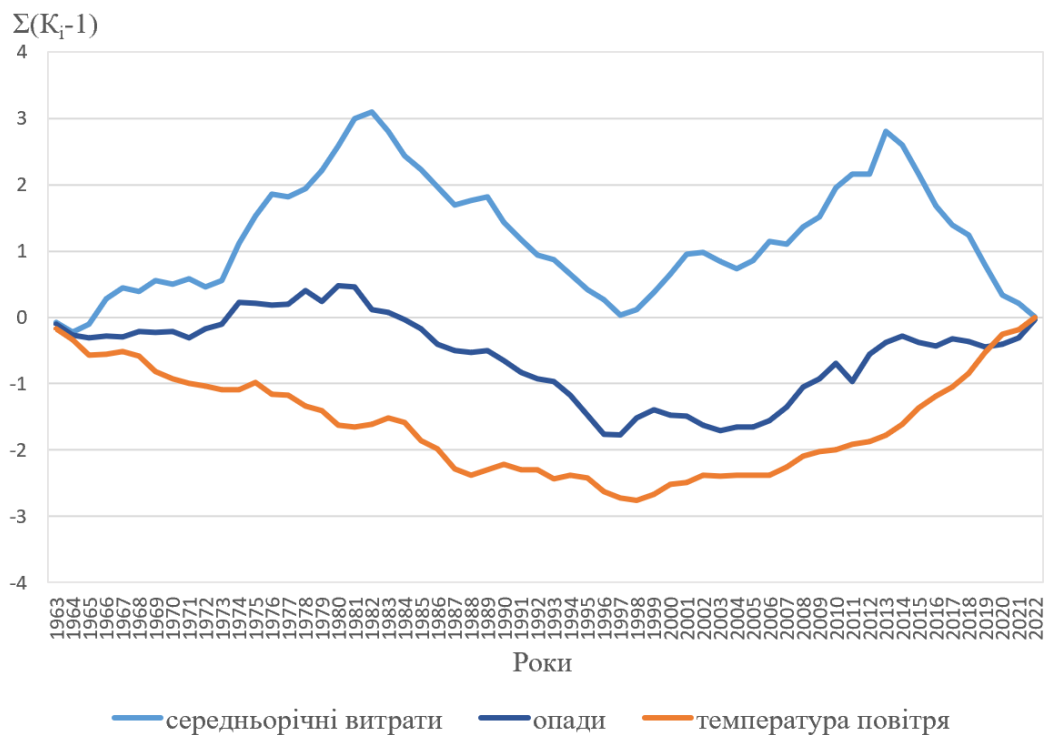
Показники	Період часу	
	1963–1982 рр.	1983–1998 рр.
Середня кількість опадів у січні	34,7	19,8
Середня температура повітря у січні	-5,7	-3,3
Середня кількість опадів у лютому	34,9	20,1
Середня температура повітря у лютому	-3,7	-2,8

Коливання мінімальних витрат літньо-осінньої межені і річних сум опадів (рис. 3.3.3) були синфазними й синхронними впродовж 1971–2013 рр., упродовж 2014–2022 рр. – асинфазні, але синхронні. Стрімке зменшення витрат літньо-осінньої межені на фоні відносно стабільного режиму випадання опадів на початку досліджуваного періоду (1963–1970 рр.) очевидно пов'язане з осушувальною меліорацією та функціонуванням водосховищ. Суттєве зменшення мінімальних витрат літньо-осінньої межені з 2014 року на фоні знову ж таки відносно стабільного режиму випадання опадів може бути зумовлене стрімким зростанням середньорічної температури повітря у ці роки і, особливо,

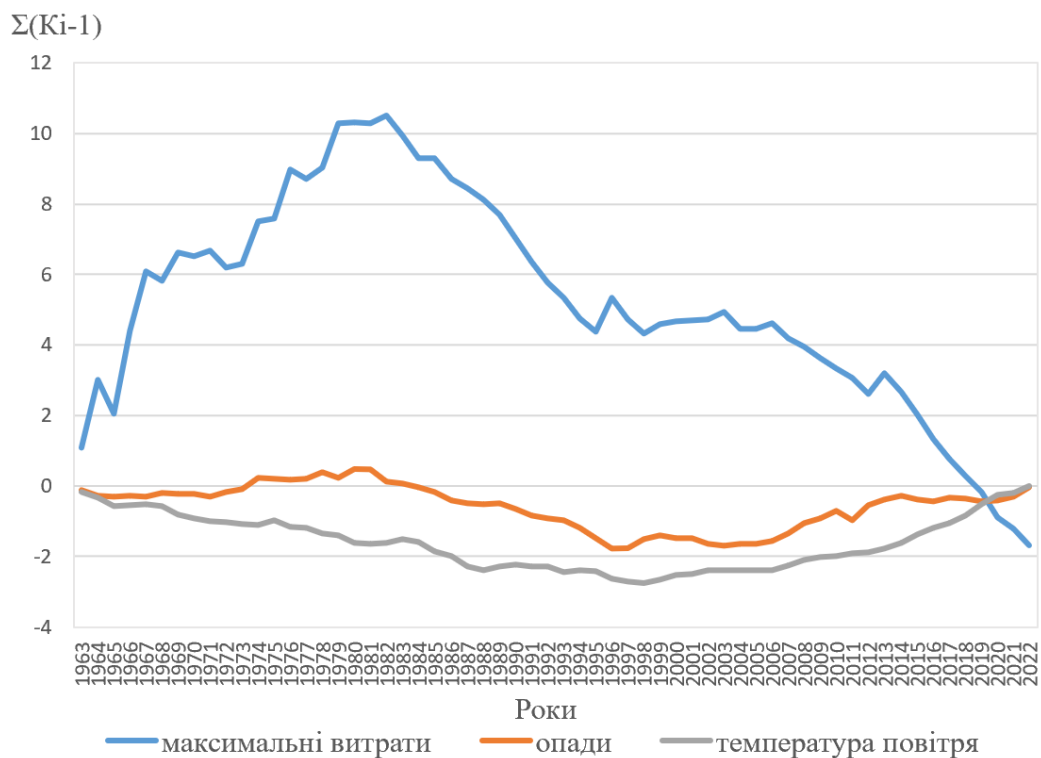
середніх температур червня, липня, серпня, жовтня (див. рис. 2.2.4), що, ймовірно, і призвело до інтенсивного випаровування з поверхні водозбору та водойм і водотоків у період літньо-осінньої межени та зменшення водного стоку.

Коливання мінімальних витрат літньо-осінньої межени і середньорічних температур повітря (див. рис. 3.3.3) були синфазними і синхронними впродовж 1963–1970 рр., 1985–2013 рр. Синфазність коливань обох показників означає, що зменшення середньорічних температур повітря супроводжувалося зменшенням витрат літньо-осінньої межени і навпаки, зростання витрат літньо-осінньої межени відбувалося на фоні зростання середньорічних температур повітря. Така алогічність цих двох процесів у 1963–1970 рр. могла бути пов'язана найімовірніше із меліоративними і гідротехнічними втручаннями в басейні. Упродовж 1971–1995 рр. (за винятком 1986–1987 рр.) зниження середньорічних температур повітря призводили до зростання мінімального стоку літньо-осінньої межени – взаємозумовленість процесів була природною. У 1996 і 1997 рр. зниження температури повітря відбувалося одночасно зі зниженням мінімального стоку. З 1998 р. до 2013 р. середньорічні температури повітря зростали із зростанням витрат літньо-осінньої межени. Упродовж 1992–2013 рр. режим мінімальних витрат літньо-осінньої межени, очевидно, більше реагував на відповідний режим опадів у цей проміжок часу. З 2014 р. і до 2022 р. коливання мінімального стоку й температури повітря стали природньо асинфазними і синхронними. Таким чином, можна зробити висновок, що впродовж 1963–1970 рр. мінімальний стік літньо-осінньої межени найбільше реагував на антропогенну діяльність, упродовж 1971–1981 рр. гідрологічні процеси були природньо зумовлені: мінімальний стік зростав на фоні зростання річних сум опадів та зниження температури повітря. З 1982 до 2013 р. він найбільше узгоджувався з коливаннями річних сум опадів, а з 2014 р. і до 2022 р. – з коливаннями середньорічних температур повітря. Слабку узгодженість мінімального водного стоку р. Стир із середньорічними температурами повітря підтверджує коефіцієнт кореляції між цими показниками:  $r=-0,19585\pm 0,1$  (див. табл. 3.2.1).

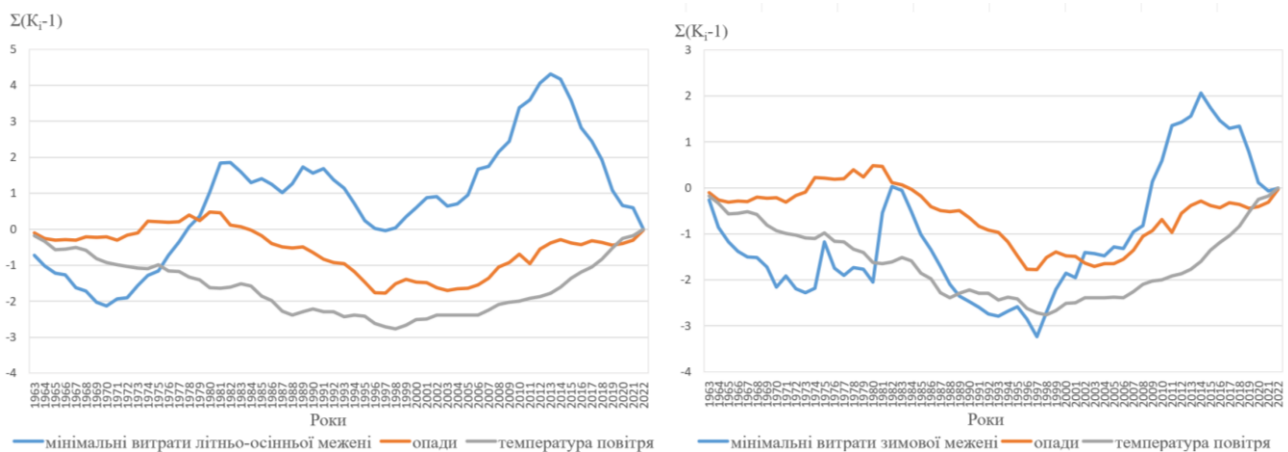
Коливання мінімальних витрат зимової межні і річних сум опадів упродовж 1963–1982 рр. були асинфазними і синхронними. З 1983 р. і до 2019 р. (за винятком 2001, 2002, 2011, 2017) – синхронними і синфазними, упродовж 2019–2022 рр. – синхронними й асинфазними. Коливання середньорічних температур повітря і мінімального стоку зимової межні увесь досліджуваний період синхронні й синфазні, тобто мінімальний стік води річки в зимовий період перебуває у прямій залежності від річних температур повітря: зменшення температури повітря супроводжується зменшенням стоку, а її збільшення – його зростанням (див. рис. 3.3.3). Більшу узгодженість мінімального стоку зимової межні із середньорічною температурою повітря, ніж узгодженість коливань мінімального стоку літньо-осінньої межні та максимального стоку з середньорічними температурами повітря підтверджує відповідний коефіцієнт кореляції (див. табл. 3.2.1).



**Рис. 3.3.1. Циклічність середньорічного водного стоку р. Стир (гідропрост Луцьк), річних сум опадів і середньорічної температури повітря (метеостанція Луцьк) за різницево-інтегральними кривими**



**Рис. 3.3.2. Циклічність максимального водного стоку р. Стир (гідропост Луцьк), річних сум опадів і середньорічної температури повітря (метеостанція Луцьк) за різницево-інтегральними кривими**



**Рис. 3.3.3. Циклічність мінімального водного стоку р. Стир (гідропост Луцьк), річних сум опадів і середньорічної температури повітря (метеостанція Луцьк) за різницево-інтегральними кривими**



У коливанні середньорічного і мінімального стоку переломними є 1982, 1997, 2013–2014 роки – вони є відліками фаз водності. Таким чином, тривалість фаз водного режиму річки складає приблизно 15–16 років. Зважаючи на це, можна спрогнозувати подальше зменшення середньорічного стоку й мінімальних витрат літньо-осінньої й зимової межені р. Стир приблизно до 2028 р. У коливанні максимального стоку рубіконом фаз водності є 1982 р. Від цього року продовжує тривати фаза зниження максимального стоку. Оскільки його коливання є квазістаціонарними, то передбачити початок наступної фази високої водності максимального стоку за даними цього ряду спостережень неможливо.

### 3.4. Оцінка однорідності та стаціонарності рядів водного стоку річки

Оцінювання однорідності гідрологічних характеристик нами здійснювалося з використанням як статистичних, так і гідролого-генетичних методів аналізу.

Коефіцієнт варіації середньорічного водного стоку р. Стир на гідропосту Луцьк становить 26,8 %, що указує на доволі значну мінливість витрат води (табл. 3.4.1). Але сукупність даних ряду є однорідною, а середня величина є типовою та надійною характеристикою сукупності, оскільки  $V_6 \leq 33$  %.

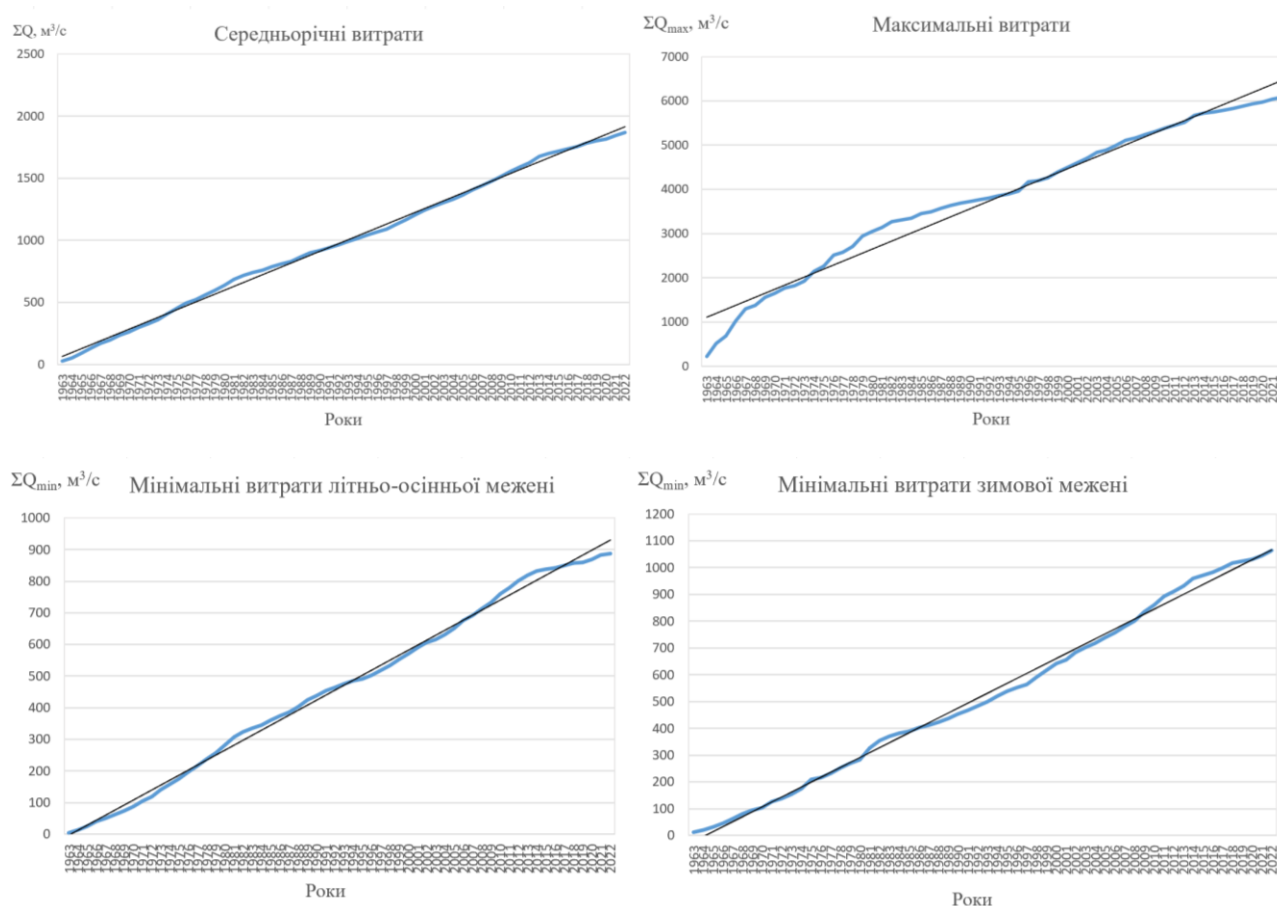
Таблиця 3.4.1

#### Абсолютні та відносні показники варіації рядів розподілу стоку води р. Стир

Характеристика стоку	Дисперсія проста, $\sigma^2$	Середнє квадратичне (стандартне) відхилення, $\sigma$	Коефіцієнт осциляції, $V_R$ , %	Коефіцієнт варіації, $V_6$ , %
Середньорічні витрати	69,73	8,35	113,0	26,8
Максимальні витрати	4991,354	70,65	307,9	69,6
Мінімальні витрати літньо-осінньої межені	32,87511	5,73	178,6	38,7
Мінімальні витрати зимової межені	54,60523	7,39	209,8	41,7

Сумарна інтегральна крива, побудована для рядів середньорічного водного стоку р. Стир, також указує на їхню однорідність, бо не має ні різких «стрибків», які характерні для раптових і одночасних змін водного режиму, ні поступових та односпрямованих відхилень від основного напрямку кривої, що характерно при поступових плавних змінах річкового стоку (рис. 3.4.1).

Для ряду витрат максимального стоку і найменших витрат літньо-осінньої і зимової межені характерні дуже високі коефіцієнти варіації (див. таб. 3.4.1). Це засвідчує значну мінливість стоку протягом досліджуваного періоду, яка, з одного боку, могла бути викликана як його швидкою реакцією на випадіння рідких опадів у холодний сезон, вразливістю річкової системи до посушливих кліматичних умов в літньо-осінній період та суттєвого зменшення опадів у весняний сезон. Неоднорідність даних рядів максимальних і мінімальних витрат річки підкреслюють і сумарні криві витрат (див. рис. 3.4.1).



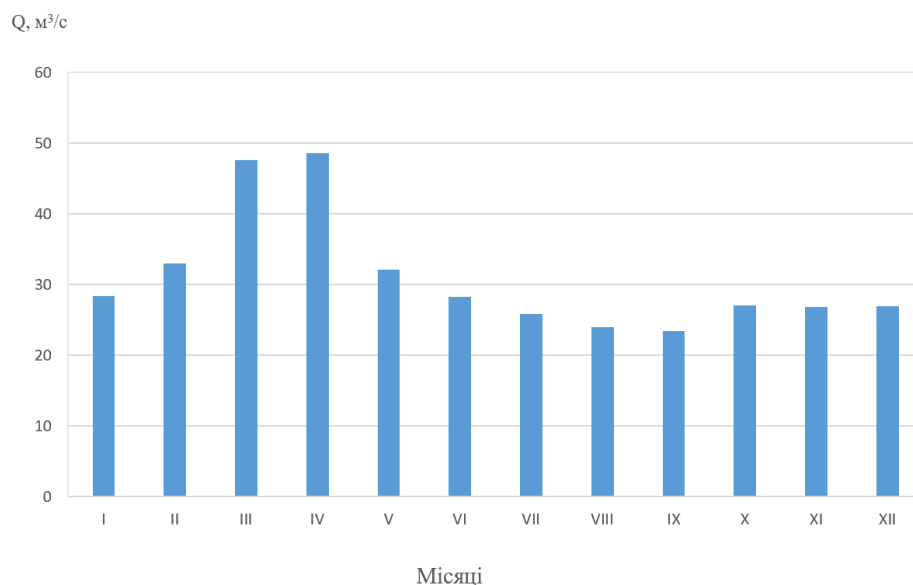
**Рис. 3.4.1. Сумарні криві стоку води р. Стир**

Відхилення інтегральної кривої максимальних витрат на початку 60-их рр. могло бути зумовлене запуском Хрінниківського водосховища у 1957 р., упродовж 1975–1990 рр. – внаслідок реакції гідросистеми на проведення меліоративних робіт у басейні, з 2015 р. і до 2022 р. – внаслідок стрімких кліматичних змін і зміни фази водності річки. Відхилення сумарної кривої витрат літньо-осінньої та витрат зимової межени пов'язані зі зміною фаз водності мінімального стоку річки у ці роки.

### 3.5. Внутрішньорічний розподіл водного стоку

У водному режимі річки Стир характерними фазами є весняна повінь, літньо-осінні та зимові паводки. Весняне водопілля зазвичай припадає на початок березня, інколи на другу–третю декади лютого. Закінчується повінь зазвичай у середині квітня, зрідка – в першій декаді травня.

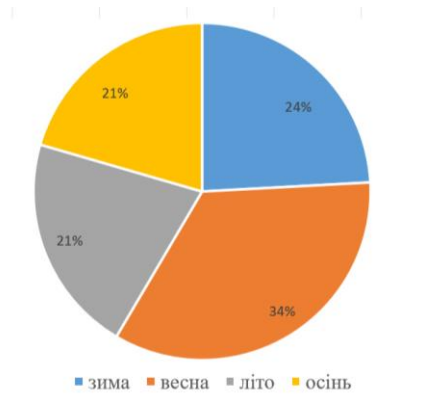
Усереднивши дані за 60 років, з-поміж яких є багатоводні, середньоводні, маловодні (див. рис. 3.1.3), роки з різною структурою живлення річки, ми побудували діаграму розподілу внутрішньорічного стоку впродовж для р. Стир (рис. 3.5.1).



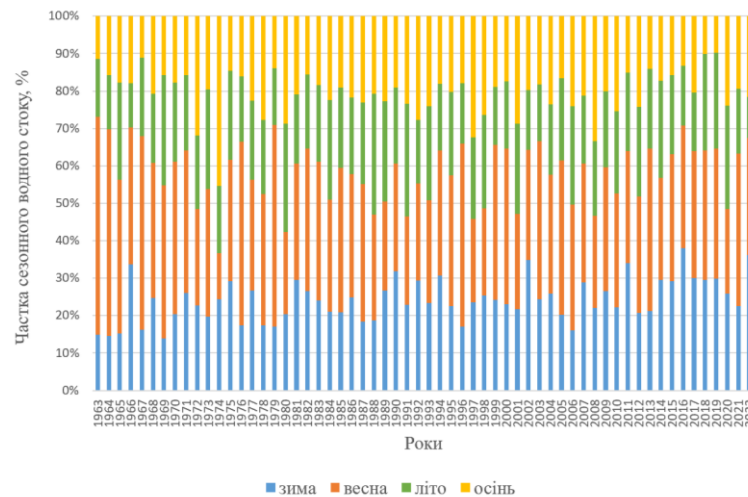
**Рис. 3.5.1. Внутрішньорічний розподіл стоку води за типовою (фіктивною) схемою по місяцях на річці Стир (гідропост Луцьк)**

На діаграмі помітно, що найбільші витрати в році формуються в березні–квітні під час весняної повені, а найменшими вони є серпні та вересні під час літньо-осінньої межени.

Щодо сезонів року, то навесні формується 34 % середньорічного стоку, взимку – 24 %, а влітку і восени – по 21 % (рис. 3.5.2). Хоча з року в рік це співвідношення може бути іншим (рис. 2.5.3).



**Рис. 3.5.2. Узагальнена структура розподілу водного стоку р. Стир (гідропост Луцьк) за сезонами року**



**Рис. 3.5.3. Сезонна структура водного стоку р. Стир (гідропост Луцьк) упродовж 1963–2022 рр.**

Найбільша частка зимового стоку спостерігалася у 1966, 2002, 2011, 2016, 2022 рр. На графіку (рис. 3.5.3) помітне її поступове зростання в напрямку до сьогодення. Натомість частка весняного стоку була найбільшою на початку досліджуваного періоду (1963 р. – 58 %, 1964 р. – 55 %, 1967 р. – 52 %, 1979 р. – 52 %). У коливанні осіннього та літнього стоку суттєвих змін не помітно.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗМІН ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЧКИ

### 4.1. Комплексна оцінка якості води річки

Водоспоживання у басейні складає приблизно 80 млн м<sup>3</sup>, з яких 35 % припадає на поверхневі води [88]. Надмірне й зростаюче антропогенного навантаження призвело до порушення природної рівноваги в гідроекосистемі р. Стир, зниження якості водних ресурсів [87, с. 127]. Основними забруднювачами р. Стир є ВУЖКГ, м. Горохів, Гнідавський цукровий завод, полігон поховання ТПВ м. Луцька у с. Брище), ДК РЕП «Водоканал» (м. Рожище), ДК РЕП «Ківерціводоканал» (м. Ківерці). Значна кількість забруднюючих речовин (завислі речовини, пестициди, сполуки азоту, важкі метали тощо) надходить у р. Стир разом з поверхневим стоком із населених пунктів, сільськогосподарських угідь, територій підприємств тваринницьких ферм, літніх таборів тварин, їх відстійників, складів мінеральних добрив, отрутохімікатів. Великою проблемою є утилізації сміття [63]. Для Луцька й екологічного стану р. Стир важливою є проблема розподілу і функціонування системи каналізування. Саме недостатньо очищені каналізаційні стічні води від очисних споруд міста, зливові стоки дощових і талих вод є основними джерелами забруднення р. Стир [65, с. 29]. Стічні води з вулиць, де є зливової каналізація, без очищення надходять у річки Сапалаївка, Жидувка, Стир, або в колектор міської каналізації. З територій без зливової каналізації води або проникають у ґрунт, або випаровуються, або стікають до місцевих базисів ерозії, що спричиняє ерозію й забруднення ґрунтів, розмив чи підмив доріг і споруд. Більше забруднень у р. Стир надходить із дощовим стоком, менше – з талими водами. Найбільша каламутність води річки характерна під час весняної повені та весняних паводків. Стік наносів з урбанізованих територій, порівняно з природними ландшафтами, змінений через трансформацію поверхні водозборів і скидання у водотоки поверхневого стоку і стічних вод [62, с. 110, 111].

Склад води річки гідрокарбонатно-кальцієвий. Мінералізація річкових вод найменша у періоди високої води, а найбільша – під час межені [87, с. 127]. Гідрохімічний режим річки має сезонний характер. Спираючись на аналіз літературних даних та Екологічного паспорта Волинської області, можна стверджувати, що в окремі часові зрізи якість води в р. Стир далека від бажаної. Встановлено, що вміст гідрокарбонатів, сульфатів, іонів кальцію,  $\text{NO}_3^-$  та  $\text{NO}_2^-$  зростає. Частим є перевищення ГДК заліза загального, нітритів, ХСК, БСК<sub>5</sub>,  $\text{NH}_4^+$  [52, с. 46, 40]. Погіршення гідрохімічного стану басейну річки Стир пов'язано із постійним антропогенним впливом обласного центру [40] (табл. 4.1.1).

Таблиця 4.1.1

**Середньорічні концентрації забруднюючих речовин у контрольних створах [40]**

Місце спостереження за	Звітний рік	Показники складу та властивостей												
		завислі речовини	БСК <sub>5</sub>	мінералізація	сульфати	хлориди	амоній сольовий	нітрати	ХСК	розчинений кисень	фосфати	марганець	залізо	нітри
Вище міста	2022	-	3,60	-	18,0	12,8	0,39	0,14	20,5	9,17	0,043	-	-	0,018
Нижче міста	2022		4,48		26,0	16,5	1,26	0,22	25,8	8,02	0,065			0,043
Питний водозабір	2022		2,77		20,6	16,8	0,72	0,04	22,4	8,60	0,046			0,025
Питний водозабір	2021	8,75	2,52	371,25	36,25	14,71	0,6	8,98	52,42	8,85	0,07	0,01	0,32	0,035
Питний водозабір	2020	8,75	2,52	371,25	36,25	14,71	0,6	8,98	52,42	8,85	0,07	0,01	0,32	0,035

За середньорічними значеннями блокових й інтегрального екологічного індексів встановлено (Нетробчук, Гашинська, 2018), що за інтегральною екологічною оцінкою якість води р. Стир у пункті за 1 км вище міста за середніми та найгіршими величинами належала до 2-ої категорії II-го класу («дуже добрі», «чисті»). На ділянці за 1,5 км нижче від міста за усередненим значенням загального екологічного індексу якість води р. Стир за середніми величинами оцінено 2-ою категорією, а за найгіршими величинами – 3 категорією II класу якості («добрі», «досить чисті» води).

За результатами досліджень М. Забокрицької, проведених в 2019 р., було встановлено, що поверхневі води басейну річки належать до третьої (II клас) та четвертої (III клас) категорії якості, тобто до «добрих» та «задовільних» вод, за ступенем чистоти – «досить чистою» чи «слабо забрудненою» [41].

#### **4.2. Шляхи оптимізації гідроекологічного стану річки Стир**

Основним заходами підвищення екологічної безпеки ріки Стир вважаємо [52; 87; 64; 65]:

- 1) посилення контролю за скидами неочищених стічних вод;
- 2) модернізацію та додаткове будівництво очисних споруд, упровадження сучасних технологій очищення стічних вод;
- 3) очищення наявних та будівництво другого каскаду біоставків;
- 4) капітальний ремонт та модернізацію систем водопостачання та встановлення станцій знезалізнення;
- 5) удосконалення системи моніторингу екологічного стану заплавно-руслових комплексів;
- 6) відновлення девастрованих ґрунтів прибережної зони фітомеліоративними заходами;
- 7) розчищення русла від перестійних дерев;
- 8) забезпечення підприємств, які здійснюють виробничу діяльність, власною системою дощової каналізації з очисними спорудами, введення на

- підприємствах в експлуатацію систем водопостачання замкнутого циклу, упровадження водозберігаючих технологій;
- 9) здійснення протиерозійних заходів та створення ефективних споруд для відводу поверхневого стоку;
  - 10) покращення ситуації поводження з твердими побутовими відходами;
  - 11) зниження впливу осушувальних систем шляхом модернізації меліоративної мережі та ренатуралізація меліорованих земель, що не використовуються за призначенням;
  - 12) прогнозування повеней, паводків, періодів мінімального стоку;
  - 13) перегляд межі водоохоронних зон та прибережних смуг усіх водойм басейну Стиру;
  - 14) розробка єдиної методики оцінки якості води та визначення ризику негативного впливу антропогенної діяльності на водний об'єкт;
  - 15) забезпечення навколо водних об'єктів басейну оптимальне поєднання лісових насаджень та лук;
  - 16) розширення меж існуючих і створення нових територій та об'єктів ПЗФ.

Річка Стир не задіяна в господарсько-питному водопостачанні обласного центру, оскільки є достатньо потужностей свердловин артезіанських вод. В той же час, за потреби, якість води Стиру дає змогу бути йому джерелом водопостачання Луцька.



## ВИСНОВКИ

Здійснене дослідження дозволяє констатувати:

1. Річка Стир належить до басейну р. Дніпро і суббасейну р. Прип'ять. Загальна площа басейну досліджуваної річки складає 13 тис. км<sup>2</sup>, з яких 12 тис. 507 км<sup>2</sup> зосереджено в межах території України, довжина річки – 494 км, з них на території України – 424 км. Стир належить до середніх річок за площею басейну.
2. Формування й трансформація водного стоку річки має значну природну зумовленість. Основою басейну є докембрійські кристалічні породи, перекриті зверху глинами, пісками, аргілітами, алевролітами, пісковиками, крейдою, мергелями. Рельєфоутворююче значення мають крейдові (елювій карбонатних порід) й четвертинні відклади (водно-льодовикові, алювіальні, болотні, озерні, еолові та елювіальні).
3. Басейн р. Стир має рівнинну поверхню, абсолютні висоти якого знижуються із південного-заходу на північ. На Подільській височині, що у верхній частині водозбору, переважає денудаційний тип рельєфу з ерозійними та гравітаційними формами; у середній частині басейну – еоловий рельєф Малого Полісся та яружно-балковий рельєф Волинської височини; у межах Волинського Полісся – водно-льодовиковий рельєф з органогенними, денудаційними, карстовими та еоловими формами рельєфу.
4. У верхній частині басейну переважають перегнійно-карбонатні, дерново-слабопідзолисті і чорноземні, в середній – сірі опідзолені, у нижній – дерново-слабо- й середньо-підзолисті, дерново-глеєві та болотні. Південну частину водозбору займають лісостепові та широколистяні комплекси, північну – мішанолісові. У басейні поширена лісова, лучна, болотна, водна, прибережна, степова рослинність.
5. Визначальним чинником водного режиму р. Стир є клімат. У середньому водозбір р. Стир поглинає понад 90 ккал/см<sup>2</sup> сонячної радіації за рік. Найбільше похмурих днів (хмарність понад 80 %) спостерігається в

холодний період, особливо в грудні, найбільша кількість сонячних днів (хмарність менша 20 %) – у квітні, серпні, вересні та жовтні. Домінують вітри західних румбів. Найбільша кількість днів спостерігається зі швидкістю вітру 2,5–5,5 м/с.

6. Середнє за досліджуваний період (1963–2022 рр.) значення середньорічної температури повітря на метеостанції Луцьк становить 7,9°C. У напрямку до сьогодення спостерігається стрімке зростання значень (лінійний тренд значущий). Така ж тенденція характерна для всіх місяців року (для січня, лютого, квітня, червня, липня, серпня, жовтня, грудня лінійні тренди є значущими). Протягом року найвищі температури повітря характерні для липня – 19°C, а найнижчі – для січня (-3,8°C).
7. Середнє багаторічне (1963–2022 рр.) значення річних сум опадів – 577,9 мм. Упродовж цього періоду простежується зростання величин показника (тренд незначимий). Найбільше опадів випадає в липні, найменше – в березні. У січні, березні, травні, липні, серпні та грудні кількість опадів зростає, а в лютому, квітні, червні, вересні, жовтні й листопаді зменшується (але лінійні тренди не значущі).
8. Побудовані сумарні криві середньорічної температури повітря й річних сум опадів повітря показали, що ряди спостережень є однорідними, оскільки якихось суттєвих змін у напрямках кривих нема.
9. Антропогенними чинниками впливу на водний режим річки є осушувальна меліорація, будівництво штучних ставків і водосховищ (Хрінниківське й Млинівське), наслідки аварії на ЧАЕС, орне землеробство, урбанізація (створення штучних покриттів, каналізаційних систем, робота підприємств тощо).
10. Середнє значення середньорічних витрат р. Стир на гідропосту Луцьк становить 31,16 м<sup>3</sup>/с. Його багаторічна динаміка характеризується наявністю спадаючого і статистично значимого тренду. Коефіцієнт варіації середньорічного водного стоку становить 26,8 %, що указує на значну мінливість витрат води, але сукупність даних ряду є однорідною, а середня

величина є типовою та надійною характеристикою сукупності, оскільки  $V_6 \leq 33 \%$ . Однорідність статистичних величин підтверджує і сумарна інтегральна крива, побудована для рядів середньорічного водного стоку р. Стир.

11. Зниження водного стоку р. Стир характерне для всіх місяців року, окрім січня і лютого. Усі тренди динаміки середньомісячних величин є статистично не значущими, за винятком березня й квітня.
12. Цикл маловодних і відносно маловодних років і цикл багатоводних і відносно багатоводних років для р. Стир тривають приблизно 15 років.
13. Середнє значення максимальних витрат р. Стир становить  $101,46 \text{ м}^3/\text{с}$ . Максимальний стік має тенденцію до зменшення (лінійний тренд статистично значимий).
14. Середнє значення витрат літньо-осінньої межні становить  $14,81 \text{ м}^3/\text{с}$ . Простежується зменшення величин у напрямку до сьогодення. Середнє значення витрат зимової межні становить  $17,73 \text{ м}^3/\text{с}$ . Відбується зростання величин з часом. Але лінійні тренди мінімального стоку статистично не є значимими.
15. Для ряду витрат максимального й мінімального стоку характерні дуже високі коефіцієнти варіації, що засвідчує значну мінливість стоку. Неоднорідність даних рядів максимальних і мінімальних витрат річки підкреслюють і сумарні криві витрат.
16. Найтісніший (середній) прямий зв'язок простежується між річними сумами опадів й середньорічними витратами водного стоку, середньою місячною температурою повітря і середніми витратами водного стоку січня, між місячними сума опадів і середніми витратами жовтня, між місячними сумами опадів і середніми витратами листопада, річними сумами опадів і мінімальними витратами водного стоку літньо-осінньої межні.
17. Найтісніший (середній) обернений зв'язок характерний для середньої температури повітря і середніх витрат води серпня, середньої температури

повітря і середніх витрат вересня, середньорічної температури повітря і максимальних витрат водного стоку.

18. Упродовж 1963–2022 р. простежується два майже повні цикли водності р. Стир (дві фази зростання водності і дві фази її зменшення), у коливанні опадів – дві фази зростання річних сум і одна фаза їх зменшення, у коливанні середньорічної температури повітря – одна фаза зростання і одна фаза зниження.
19. У коливанні середньорічного і мінімального стоку переломними є 1982, 1997, 2013–2014 роки – вони є відліками фаз водності. Таким чином, тривалість фаз водного режиму річки складає приблизно 15–16 років. Зважаючи на це, можна спрогнозувати подальше зменшення середньорічного стоку й мінімальних витрат літньо-осінньої й зимової межені р. Стир приблизно до 2028 р. У коливанні максимального стоку рубіконом фаз водності є 1982 р. Від цього року продовжує тривати фаза зниження максимального стоку. Оскільки його коливання є квазістаціонарними, то передбачити початок наступної фази високої водності максимального стоку за даними цього ряду спостережень неможливо.
20. Щодо внутрішньорічного розподілу водного стоку, то найбільші витрати р. Стир формуються в березні–квітні під час весняної повені, а найменшими вони є серпні та вересні під час літньо-осінньої межені. Навесні формується 34 % середньорічного стоку, взимку – 24 %, а влітку і восени – по 21 %.
21. Вплив господарської діяльності людини на гідрологічні умови басейну річки Стир посилюється. Найбільше значення для функціонування річки мають селитебне навантаження (збільшення площ мало- і водонепроникних покриттів, формування «острову тепла» у Луцьку, стоки й водозабори промислових, житлово-комунальних і сільськогосподарських підприємств, склади мінеральних добрив, отрутохімікатів, стихійні й організовані сміттєзвалища тощо).

Наукові дослідження, удосконалення систем моніторингу за станом флювіальних басейнових систем та якістю поверхневих і підземних вод, дозволять розробити низку оптимізаційних заходів регулювання водного режиму річки та забезпечення комфорту життєдіяльності населення у межах водозбору.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Bisselink B. et al. Impact of a changing climate, land use, and water usage on water resources in the Danube river basin / Publications Office of the European Union, Luxembourg. P. 3–70. DOI: 10.2760/89828.
2. Camilloni I., V. Barros, S. Moreiras, G. Poveda and J. Tomasella: Floods and Droughts. In: Adaptation to Climate Change Risks in Ibero-American Countries – RIOCCADAPT Report [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo, and U. Oswald Spring (eds.)], McGraw Hill, Madrid, Spain, 2020. PP. 371–396.
3. Fangmann A., Belli A., Haberlandt U. Trends in beobachteten Abflusszeitreihen in Niedersachsen. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*. 2013. № 57. P. 196–205.
4. Lobanova A. et al. Hydrological impacts of moderate and high-end climate change across European river basins. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2018. Vol. 18. P. 15–30. DOI: 10.1016/j.ejrh.2018.05.003.
5. Lukianets O., Obodovskyi O., Grebin V., Pochaievets O. Time series analysis and forecast estimates of the mean annual water runoff of rivers in of the Prut and Siret basins (within Ukraine). *Electronic book with full papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management*. Kyiv, 2019. P. 133–139.
6. Obodovskyi O., Lukianets O. Patterns and forecast of long-term cyclical fluctuations of the water runoff of Ukrainian Carpathians rivers. *Research, Engineering & Management*. 2017. 73, 1. P. 33–47.
7. Pekarova P., Miklánek P. and Pekár J. Spatial and temporal runoff oscillation analysis of the main rivers of the world during the 19th -20th centuries. *Journal of Hydrology*. 2003. Vol. 274. P. 62–79.
8. Renata J. Romanowicz. The Influence Of Climate Change On Hydrological Extremes: Floods & Droughts. October 2017. DOI: 10.31988/SciTrends.3899.
9. Yu C., Yin X., Yang Zh., Dang Zh. Assessment of the degree of hydrological

- indicators alteration under climate change. In Proceedings of the 2017 6th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2017). *Advances in Engineering Research (AER)*. Atlantis Press, 2017. Vol. 143. P. 210–216.
10. Zabolotnia T., Gorbachova L., Khrystyuk B. Estimation of the long-term cyclical fluctuations of snow-rain floods in the Danube basin within Ukraine. *Meteorology Hydrology and Water Management. Research and Operational Applications*. 2019. Vol. 7 (2). P. 3-11.
  11. Zhang X., Harvey K. D., Hogg W. D., Yuzyk T. R. Trends in Canadian streamflow. *Water Resour. Res.* 2001. Vol. 37, № 4. P. 987–998.
  12. Атлас. Геологія і корисні копалини України / Голов. ред. Л. С. Галецький. Київ: ДП «Такі справи», 2001. 168 с.
  13. Баужа Т. О., Горбачова Л. О. Циклічні коливання гідрометеорологічних характеристик у басейні р. Ріка. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: зб. наук. праць*. 2013. Вип. 264. С. 34–43.
  14. Будз О. П. *Гідрологія: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення*. Рівне: НУВГП, 2008. 168 с.
  15. Бурлуцька М. Е., Романчук М. Є., Колеснік А. В. Мінливість у часових рядах річного стоку (на прикладі басейну р. Десна). *Сучасна наука: проблеми та інновації: VIII Міжнародна науково-практична конференція (18–20 жовтня 2020 року), Стокгольм, Швеція. 2020, ОДЕКУ*. С. 145–149.
  16. Василенко Є. В., Гребінь В. В. Сучасні зміни живлення річок басейну Прип'яті (в межах України). URL: [https://uhmi.org.ua/conf/climate\\_changes/presentation\\_pdf/poster\\_3/Vasylenko.pdf](https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/poster_3/Vasylenko.pdf)
  17. Василенко Є. В., Дутко О. В., Коноваленко О. С., Данько К. Ю. Закономірності внутрішньорічного розподілу стоку річки Стир та особливості його змін. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2011. № 1 (22). С. 80–87.

18. Вишневецький В. І., Куций А. В. Багаторічні зміни водного режиму річок України. Київ: Наукова думка, 2022. 252 с.
19. Войцехович В. О., Лузан Л. І. Сучасні зміни максимального стоку річок Українського Полісся. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 1999. Вип. 247. С. 125–135.
20. Волошин В., Мельник О., Мельник Ю., Верешко О. Геоінформаційне моделювання рівнів води р. Стир в паводковий період у межах території м. Луцька. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск І (33), 2017. С. 166–171.
21. Галік О. І., Яковишина М. С. Однорідність рядів спостережень річного стоку у зв'язку із змінами клімату на прикладі річок Поліської області надмірної водності. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*: матеріали п'ятої Всеукр. наук. конф. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. 2011. С. 26–27.
22. Ганущак М. М., Тарасюк Н. А. Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир. *Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія*. Київ. 2015. С. 110–118.
23. Ганущак М. М., Тарасюк Н. А. Сучасний гідрохімічний режим річки Стир в умовах антропогенного навантаження (на прикладі м. Луцьк). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2013. Т. 2. С. 54–63.
24. Ганущак М. М., Тарасюк Н. А. Водний чинник в розвитку і функціонуванні природно-антропогенних комплексів басейну річки Стир: монографія. Луцьк: Вежа-Друк, 2019. 236 с.
25. Гопченко Є. Д., Овчарук В. А., Гопцій М. В., Тодорова О. І. Статистичні параметри часових рядів максимального стоку весняного водопілля в басейні Дніпра в умовах мінливості клімату. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2018. № 4 (51). С. 47–55.
26. Горбачова Л. О. Багаторічні тенденції річного стоку води річок України та його кліматичних чинників. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 269. С. 94–106.
27. Горбачова Л. О. Методичні підходи щодо оцінки однорідності та стаціонарності гідрологічних рядів спостережень. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. Т. 1 (32). С. 22–31.



28. Горбачова Л. О. Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. *Український географічний журнал*, 2015. № 3. С. 16–23.
29. Горбачова Л. О., Барандіч С. Л. Просторово-часова мінливість максимального стоку води весняного водопілля та паводків змішаного походження річок України. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 269. С. 107–114.
30. Горбачова Л. О., Баужа Т. О. Динаміка середньорічного стоку води гірських річок (на прикладі водотоків закарпатської воднобалансової станції). *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2011. Вип. 260. С. 175–186.
31. Горбачова Л. О., Христюк Б. Ф. Гідрологічне районування території України за умовами формування річного стоку води на основі кривих Ендрюса. *Український географічний журнал*. 2016. № 3. С. 27–33.
32. Горбачова Л. О., Христюк Б. Ф. Прогнозування водності річки Стир на найближчі роки. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. Вип. 54. 2021. С. 155–163.
33. Горяна О., Фесюк В. Комплекс заходів підвищення ефективності використання й охорони джерел басейну р. Стир у межах Волинської області. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки. Географічні науки*. Луцьк, 2018. № 10. С. 46–52.
34. Гоян Ю. О., Гопцій М. В., Кущенко Л. В. Особливості циклічності у коливаннях мінімального стоку у період межені на території Приазов'я за сучасних кліматичних умов. *Матеріали VIII Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»*. Харків, 2020. С. 52–54.
35. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.

36. Гребінь В. В. Сучасні зміни стоку річок Прип'ятського Полісся. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2004. Т. 6. С. 74–85.
37. Гребінь В. В., Ободовський О. Г., Царик М. О. Особливості багаторічних коливань стоку річок басейну Прип'яті (в межах України). *Картографія та вища школа*. Київ: Держ. карт. фабрика, 2003. Вип. 8. С. 98—103.
38. Данько К. Ю. Типи русел річок басейну Стиру, їх гідравлічні особливості та умови стійкості. *Часопис картографії*. 2014. Вип. 10. С. 146–178.
39. Дідовець Ю., Сніжко С., Krysanova V., Bronstert A., Лобанова А. Еколого-гідрологічне моделювання річкового стоку в умовах зміни клімату за допомогою чисельної моделі SWIM. *Перший Всеукр. гідрометр. з'їзд з міжн. участю: збірник тез доповідей* (м. Одеса, 22–23 березня 2017 р.). Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2017. С. 130–131.
40. Екологічні паспорти Волинської області. URL: <https://voladm.gov.ua/category/ekologichni-pasporti/1/>
41. Забокрицька М. Р., Кутовий С. С. Навчальна комплексна природничо-наукова практика (з гідрології): методичні рекомендації для студентів географічного ф-ту. Луцьк: Вежа-Друк, 2021. 56 с.
42. Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К. Водні об'єкти Луцька: гідрографія, локальний моніторинг, водопостачання та водовідведення. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. Т. 3. 64–76 с.
43. Загальна гідрологія: підручник / В. К. Хільчевський, О. Г. Ободовський, В. В. Гребінь та ін. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 399 с.
44. Звіт про науково-дослідну роботу проведення просторового аналізу змін водного режиму басейнів поверхневих водних об'єктів на території України внаслідок зміни клімату. 2013. 228 с.
45. Звіт про науково-дослідну роботу розроблення сценаріїв зміни кліматичних умов в Україні на середньо- та довгострокову перспективу з використанням даних глобальних та регіональних моделей. 2013. 135 с. URL: <https://uhmi.org.ua/project/rvndr/climate.pdf>

46. Змодельовані історичні дані клімату і погоди для Lutsk. *Meteoblue*. URL: [https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/climatemodelled/%d0%9b%d1%83%d1%86%d1%8c%d0%ba\\_ukraine\\_702569](https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/climatemodelled/%d0%9b%d1%83%d1%86%d1%8c%d0%ba_ukraine_702569)
47. Катинська І. В. Середньорічний стік і його мінливість на річках Закарпаття: дисертація на здоб. наук. ступ. к.г.н. за спец. 11.00.07 – Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. Одеський державний екологічний університет Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2017. 22 с.
48. Ковальчук І. П., Ковальчук А. І., Ковальчук І. В., Царик Л. П., Павловська Т. С., Пилипович О. В. Концептуальні засади досліджень геоекологічного стану річково-басейнових систем та їх цифрового атласного картографування. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Географія. Тернопіль: СМП «Тайп». № 2 (55). 2023. С. 4–16.
49. Комплексний атлас України. Державний комітет з природних ресурсів України; ДНВП «Картографія». Київ. 2005. 96 с.
50. Кондратюк А. В. Моделювання і прогнозування стану забруднення поверхневих вод річки Стир. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2021. № 61. С. 395–409.
51. Коноваленко К. Ю., Данько К. Ю., Василенко Є. В., Дутко В. О. Закономірності внутрішньорічного розподілу стоку річки Стир та особливості його змін. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ, 2011. Т. 1 (22). С. 80–87.
52. Копилов В. П., Попович В. В. Аналіз фізико-хімічних досліджень гідрографічної мережі ріки Стир в межах міста Луцьк. *Екологічні науки* № 6(51). 2023. С. 44–49.
53. Корнієнко В. О., Ободовський О. Г., Лук'янець О. І. Оцінка багаторічної мінливості середнього річного стоку води річок басейну Прип'яті в межах України та його розрахункові характеристики у фази водності. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. № 3 (61). С. 33–41.

54. Кузнецов П. М., Бедункова О. О. Дослідження впливу водокористування електростанції на гідрологічний режим річки (на прикладі річки Стир). *Слобожанський науковий вісник*. Серія: Природничі науки. № 1 (2024). С. 69–76.
55. Лобода Н. С., Божок Ю. В. Водні ресурси України ХХІ сторіччя за сценаріями змін клімату (RCP8.5 ТА RCP4.5). *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 17. С. 114–122.
56. Лобода Н. С., Овчарук В. А. Гідрологічні розрахунки: Конспект лекцій. Одеса: Вид-во 2005. 175 с.
57. Лук'янець О. І., Ободовський О. Г., Гребінь В. В. та ін. Прогностичні оцінки водного стоку річок України на основі стохастичних закономірностей його багаторічних коливань. *Український географічний журнал*. 2021. № 4. С. 18–29.
58. Лук'янець О. І., Ободовський О. Г., Гребінь В. В. та ін. Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України. *Український географічний журнал*. 2021. № 1. С. 6–14.
59. Мармоза А. Т. Правова статистика: навч. пос. Київ: Кондор, 2015. 536 с.
60. Мартинюк М. О., Овчарук В. А. Просторова і часова мінливість максимального стоку в басейні Вісли в умовах кліматичних змін. *Екологічні науки*, 48 (3). 2023. С. 148–155.
61. Мельник С. В., Лобода Н. С. Оцінка змін характеристик стоку лівобережних приток верхнього Дністра в умовах потепління. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 27. С. 55–65.
62. Мисковець І. Я., Мольчак Я. О. Оцінка рівня урбанізованості басейнів малих річок *Матеріали конференцій МЦНД (04.08.2023; Дніпро, Україна)*. 2023. С. 109–111.
63. Мольчак, Я.О. Фесюк В.О., Картава О.Ф. Луцьк: сучасний екологічний стан та проблеми. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2003. 488 с.

64. Нетробчук І. М. Динаміка змін якості води річки Стир у Волинській області. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. Луцьк, 2011. № 8. С. 17–21.
65. Нетробчук І., Гашинська В. Екологічна оцінка якості води р. Стир у місті Луцьку. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки. Географічні науки*. Луцьк, 2018. № 3 (376). С. 28–34.
66. Никонюк У. С., Ногачевський В. В., Павловська Т. С. Внутрішньорічний розподіл водного стоку р. Стир (гідропост Луцьк, 2020 рік). *Universum*. 2024. № 4. С. 242–248.
67. Никонюк У. С., Стельмах В. Ю. Особливості гідрологічного режиму річки Стир. *Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень: матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (16–17 травня 2023 р., Луцьк)*. Луцьк: ВНУ ім. Лесі Українки, 2023. С. 170–172.
68. Ободовський О. Г., Лук'янець О. І., Коноваленко О. С., Корнієнко В. О. Середній річний водний стік річок Українських Карпат та особливості його територіального розподілу. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. Вип. 4. С. 25–32.
69. Овчарук В. А. Максимальний стік весняного водопілля рівнинних річок України: монографія. Одеса: Видавничий дім «Гальваніка», 2020. 300 с.
70. Овчарук В. А., Гопченко Є. Д., Траскова А. В. Нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Дністер. Харків: ФОП Панов А.М., 2017. 252 с.
71. Павельчук Є. М., Сніжко С. І. Гідролого-гідрохімічні характеристики річок Житомирського Полісся в умовах глобального. Житомир: В-во «Волинь», 2017. 244 с.
72. Павловська Т. С. Географія Волинської області: навч. посіб./за ред. проф. І. П. Ковальчука. Луцьк: Вежа-Друк, 2019. 212 с.

73. Павловська Т. С. Гідрологія річок: навчальний посібник. Луцьк: Вежа-Друк, 2023. 156 с.
74. Павловська Т. С. Трансформація структури річкової системи Горині у другій половині ХХ ст. Історія української географії. Всеукраїнський науково-теоретичний часопис. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2005. Вип 1 (11). С. 54–59.
75. Павловська Т. С., Федонюк М. А., Рудик О. В. Температурний режим повітря у Волинській області: хронологічний та хорологічний аспекти. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 1. С. 39–48. DOI <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2023.1.04>
76. Павловська Т. С., Білецький Ю. В., Валянський С. В. Просторовий розподіл і режим випадання атмосферних опадів у Волинській області. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 3. С. 13–23. DOI <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2024.3.02>
77. Павловська Т. С., Нікон О. Є. Багаторічна (1977–2020 рр.) динаміка показників відносної вологості повітря у Волинській області. *Суспільно-географічні чинники розвитку регіонів: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції / за ред. Ю. М. Барського та В. Й. Лажніка, м. Луцьк, 12–14 квітня 2024 р.* Луцьк: ФОП Мажула Ю. М., 2024. С. 55–58.
78. Павловська Т. С., Семенюк О. І., Побережний В. В. Багаторічна динаміка мінімального стоку річки Стир (гідропост «Луцьк»). *Сучасна наука та освіта Волині: зб. матеріалів наук.-практ. онлайн-конф. (м. Луцьк, 20 листопада 2020 р.)*/упоряд., голов. ред. О. Ю. Ройко. Луцьк: Вежа-Друк, 2020. С. 179–180.
79. Павловська Т. С., Щесюк Є. Р. Багаторічні коливання водності р. Прип'ять (гідропост Річиця). *Сучасні аспекти модернізації науки: стан, проблеми, тенденції розвитку: матеріали XL-ої Міжнародної науково-практичної*

- конференції / за ред. І. В. Жукової, Є. О. Романенка. м. Салоніки (Греція): ГО «ВАДНД», 07 січня 2024 р. С. 352–358.
80. Павловська Т., Полянський С., Попович Ю. Багаторічні (1947–2019 рр.) коливання максимального стоку р. Стир (гідропост «Луцьк»). *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку*: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Переяслав, 17 листопада 2020 р.). Переяслав, 2020. Вип. 65. С. 35–37.
81. Педченко Г. П. Статистика: навчальний посібник. Мелітополь: Колор Принт, 2018. 266 с.
82. Рахматулліна Е. Р. Гідрологічний режим річок басейну Південного Бугу в зимовий період в умовах змін клімату: дис. ... канд. геогр. наук. Київ: 2015. 257 с.
83. Ромащенко М. І., Коломієць С. С., Сардак А. С. Метаморфізація зонального гідрохімічного складу поверхневих і підземних вод України під впливом антропогенних і природних чинників. *Меліорація і водне господарство*. 2021. № 2. С. 24–32.
84. Сніжко С. І., Павельчук Є. М., Дідовець Ю. С. Уточнення норм та характерних періодів зміни середнього річного стоку річок Житомирської області. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014. № 14. С. 185–193.
85. Сніжко С., Яцюк М., Купріков І., Шевченко О. та ін. Оцінка можливих змін водних ресурсів місцевого стоку в Україні в ХХІ столітті. *Водне господарство України*. 2012. № 6 (102). 8–15 с.
86. Сніжко С. І., Ободовський О. Г., Шевченко О. Г. та ін. Регіональна оцінка зміни водного стоку річок Українських Карпат під впливом зміни клімату. *Український географічний журнал*. 2020. № 2. С. 20–29.
87. Стельмах В. Ю. Аналіз гідрографічної мережі та сучасного гідрологічного режиму річки Стир (2020–2022 рр.). *Український журнал природничих наук*. 2024. № 8. С. 119–130.
88. Фесюк В. О., Карпюк З. К., Журба Д. В. Вплив водогосподарського

- комплексу м. Луцька на забруднення вод р. Стир. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 4. С. 177–189.
89. Холоденко В. С. Застосування непараметричних статистичних критеріїв оцінки однорідності рядів середньорічних витрат води, максимальних та мінімальних швидкостей течії води для річок Прип'ятського Полісся України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2012. Т.2 (27). С. 80–88.
90. Царик Л. П., Царик П. Л., Кузик І. Р., Царик В. Л. Природокористування та охорона природи у басейнах малих річок: монографія (видання друге доповнене і перероблене) / за ред. проф. Царика Л.П. Тернопіль: СМП «Тайп», 2021. 162 с.
91. Шакірзанова Ж. Р., Бурлуцька М. Е. Гідрологічні розрахунки і прогнози: конспект лекцій. Одеса, 2016. 158 с.
92. Шостак А. В., Верешко О. В., Волошин В. У. Моделювання і прогнозування рівнів води в паводковий період у межах м. Луцька. *Містобудування та територіальне планування*: зб. наук. праць. Київ: КНУБА, 2011. Вип. 40, Ч. 2. С. 562–568.