

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ГІДРОЛОГІЇ ТА ГІДРОЕКОЛОГІЇ

На правах рукопису  
УДК 556.06

**Магістерська робота**  
Спеціальність 103 – Науки про Землю  
Освітня програма «ГІДРОЛОГІЯ»

Тема : «ОЦІНКА ОДНОРІДНОСТІ СЕРЕДНЬОГО РІЧНОГО ТА  
МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧОК СЕРЕДНЬОГО ДНІПРА»

Виконав студент 2-го курсу магістратури  
кафедри гідрології та гідроекології  
Зобенко Арсеній

Науковий керівник к. геогр. н., ас. кафедри гідрології та  
гідроекології  
Москаленко Станіслав Олексійович

Робота рекомендується до захисту (протокол № 12 засідання кафедри  
гідрології та гідроекології від 16 квітня 2021 р.)

Завідувач кафедри гідрології та  
гідроекології

професор,  
доктор географічних наук  
Гребінь Василь Васильович

Київ - 2021

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
РОЗДІЛ 1 ГІДРОГРАФІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ: СУББАСЕЙН СЕРЕДНЬОГО ДНІПРА ТА ЙОГО ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА.....	5
Висновки до розділу 1 .....	12
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ НА ОДНОРІДНІСТЬ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ВИБІРКИ .....	14
2.1 Статистична гіпотеза. Критерій статистичної гіпотези. Основні етапи аналізу на статистичну однорідність гідрологічних рядів .....	14
2.2 Параметричні критерії.....	18
2.3 Непараметричні критерії перевірки однорідності.....	21
Висновки до розділу 2 .....	23
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ОДНОРІДНОСТІ СЕРЕДНЬОГО РІЧНОГО ТА МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧОК СЕРЕДНЬОГО ДНІПРА .....	24
3.1 Вихідні дані .....	24
3.2 Перевірка значимості середніх значень (за критерієм Стьюдента).....	27
3.2.1 Середньо річний стік води. ....	27
3.2.2 Максимальний за рік стік води.....	28
3.3 Перевірка рівності дисперсій (за критерієм Фішера).....	30
3.3.1 Середньорічний стік води. ....	30
3.3.2 Максимальний за рік стік води.....	31
3.4 Перевірка кількістю інверсій (за критерієм Вількоксона).....	32
3.4.1 Середньорічний стік води.. ....	33
3.4.2 Максимальний за рік стік води.....	34
Висновки до розділу 3 .....	35
ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41

## ВСТУП

Гідрометеорологічні процеси та явища є результатом взаємодії великої кількості факторів, різних за своїм походженням, часом впливу й часткою участі у формуванні досліджуваних процесів і явищ, тому вони багатофакторні.

Однією із основних, досить важливих вимог щодо надійності висновків при проведенні гідрологічних досліджень та розрахунків є оцінки однорідності за статистичними методами. З'ясування статистичної однорідності сукупностей є важливим елементом оцінки достовірності статистичних узагальнень. Під генетичною однорідністю будь-якої характеристики стоку розуміють не тільки те, що вона відноситься до однорідних фаз водного режиму, а також відносна незмінність протягом всього часу, за який вона аналізується, фізико-географічних умов басейну, водогосподарського використання, агролісомеліоративних заходів, методик спостережень та розрахунків [5-6]. Оцінка однорідності рядів спостережень є початковим, але важливим етапом гідрологічних досліджень.

Фактори, що впливають на однорідність можуть поділятися на: природні (зміна метеорологічних факторів; підстильна поверхня на водозборах річок, а саме безстічні мікро і макро пониззя місцевості; карст тощо) та антропогенні (ріст температури повітря, і відповідно температури води в річках; забір води з річок і не повертання її назад; побудова ГЕС на річках тощо).

Оцінка однорідності статистичних рядів спостережень проводиться за допомогою критеріїв однорідності, які, в свою чергу, поділяються на параметричні та непараметричні [12-13]. В результаті такої оцінки можна встановити, чи є вибірка однорідною і дізнатися про фактори, які на неї вплинули чи впливають. Це є актуальним.

**Об'єктом дослідження** є річки суббасейну Середнього Дніпра (район басейну Дніпра).

**Предмет дослідження** – середні річні та максимальні річні витрати води.

**Мета дослідження** – аналіз та перевірка за допомогою різних статистичних критеріїв на однорідність рядів спостережень середнього річного та максимального стоку води річок суббасейну Середнього Дніпра.

**Завдання роботи** – на основі статистичної обробки даних середньорічних та максимальних витрат води за параметричними стандартними критеріями (Стюдента та Фішера) та за непараметричним інверсійним критерієм (Вількоксона) проаналізувати та узагальнити результати перевірки вибірок на однорідність.

В роботі викладені матеріали про: гідрографічне районування території України; коротка фізико-географічна характеристика суббасейну Середнього Дніпра; методичні положення щодо статистичного аналізу на однорідність гідрологічної вибірки; статистична перевірка гіпотез однорідності за різними критеріями при різних рівнях значимості; узагальнення результатів дослідження.

При виконанні роботи було використано банк даних про середньорічні та максимальні витрати води на 8 річках в межах суббасейну Середнього Дніпра – Тетерів – Житомир, Ірша- Українка, Ірпінь - Гостомель (Мостище), Рось - Корсунь-Шевченківський, Сула – Лубни, Ромен – Ромни, Псел – Запсілля, Ворскла –Кобеляки.

Періоди спостережень складають 50-70 років від їх початку до 2015 р.

Всі розрахунки зроблені за допомогою StokStat 1.2 та Microsoft Excel.

## РОЗДІЛ 1

### ГІДРОГРАФІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ: СУББАСЕЙН СЕРЕДНЬОГО ДНІПРА ТА ЙОГО ФІЗИКО- ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

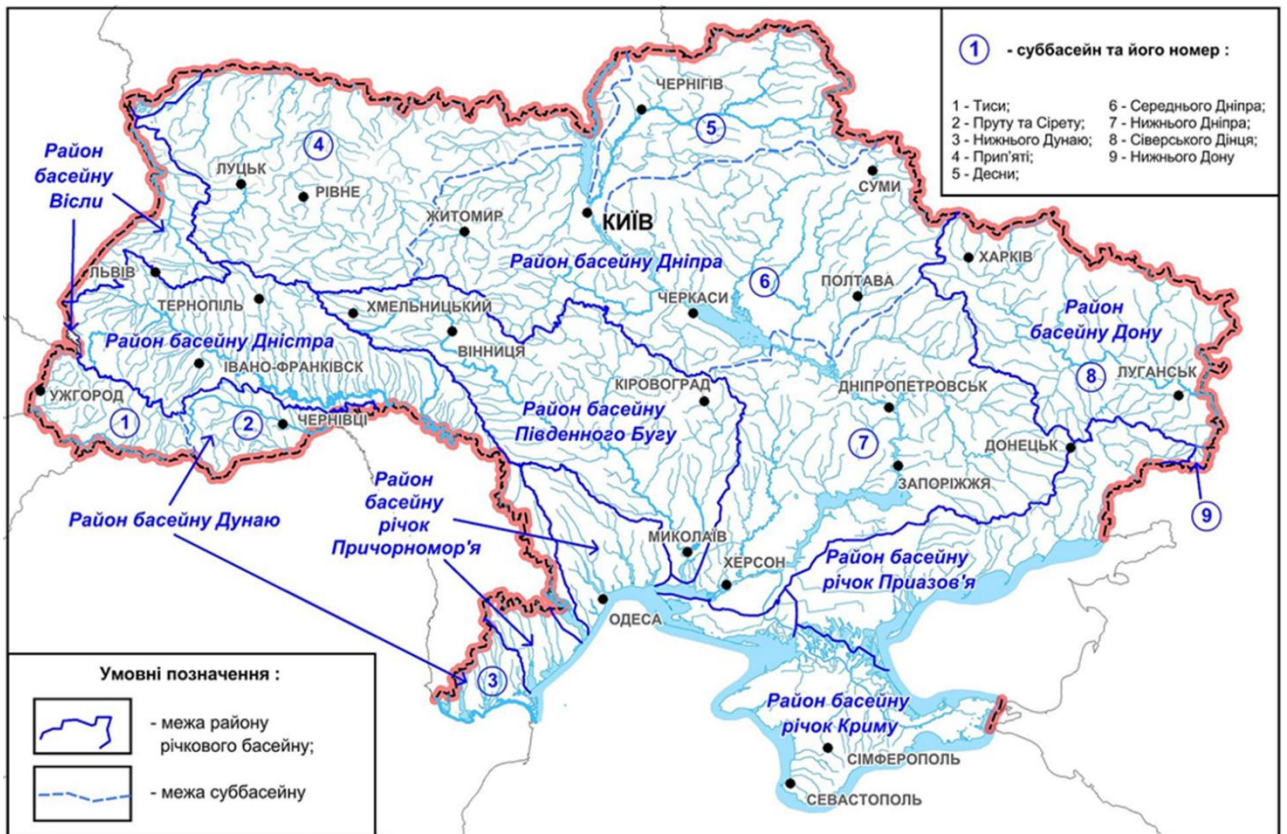
Важливим етапом впровадження басейнового принципу управління водними ресурсами є розробка планів управління річковими басейнами, необхідність складання яких передбачена у статті 13 Водної Рамкової Директиви (ВРД) ЄС [4]. Такий План повинен включати нанесені на карту межі басейнів та суббасейнів, що відносяться до даного району річкового басейну.

Гідрографічне районування - поділ території України на гідрографічні одиниці, який здійснюється для розроблення та впровадження планів управління річковими басейнами.

ВРД вимагає визначення районів річкового басейну, які можуть охоплювати одну або кілька річок. Район річкового басейну може поділятися на дрібніші одиниці - суббасейни. Суббасейн – це деяка частина річкового басейну, стік води з якої через пов'язані водойми і водотоки здійснюється до головної річки басейну або водогосподарської ділянки нижче за течією [4, 8-9].

Згідно схеми гідрографічного районування території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу виділяються дев'ять районів річкових басейнів та дев'ять суббасейнів [8-9].

Дев'ять районів річкових басейнів такі: район басейну річки Дніпро; район басейну річки Дністер; район басейну річки Дунай; район басейну річки Південний Буг; район басейну річки Дон; район басейну річки Вісла; район басейну річок Криму; район басейну річок Причорномор'я; район басейну річок Приазов'я (рис. 1.1).



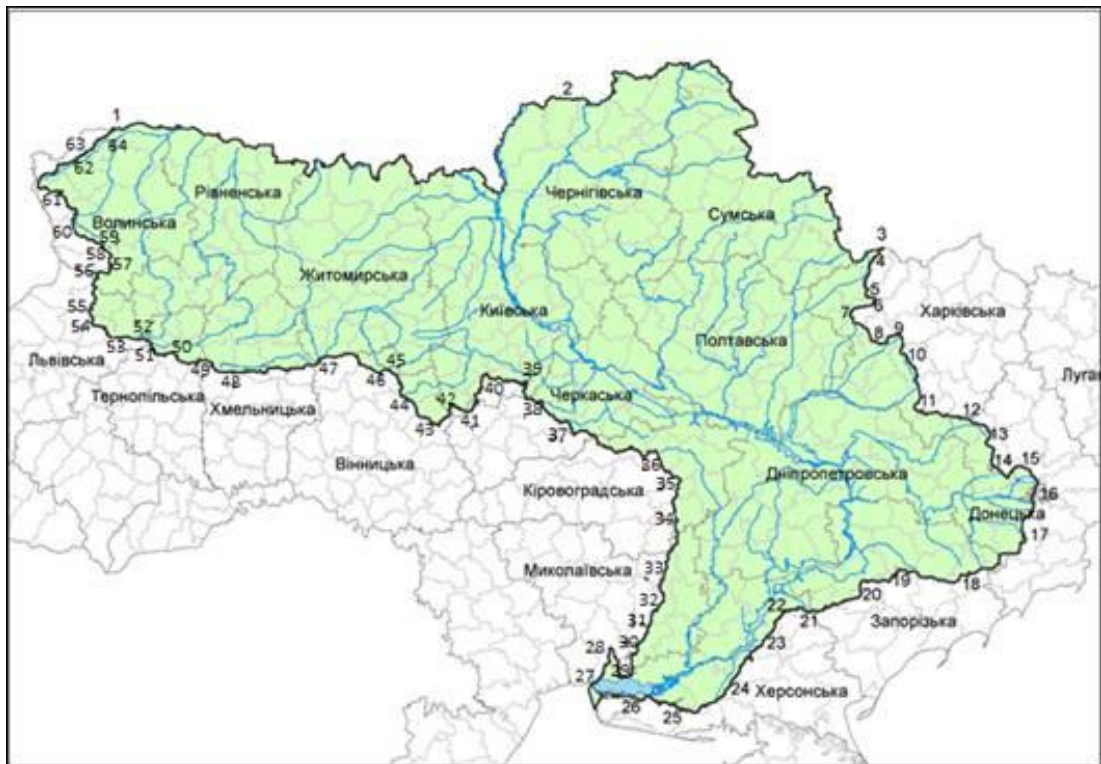
**Рис. 1.1** Гідрографічне районування України

В межах деяких районів річкових басейнів виділені наступні суббасейни:

- I. Річковий басейн Вісли (Західного Бугу та Сяну);
- II. Річковий басейн Дунаю і суббасейни:
  - ✓ 1) Тиси;
  - ✓ 2) Пруту і Сірету;
  - ✓ 3) Нижнього Дунаю;
- III. Річковий басейн Дністра;
- IV. Річковий басейн Південного Бугу;
- V. Річковий басейн Дніпра і суббасейни:
  - ✓ 4) Прип'яті;
  - ✓ 5) Десни;
  - ✓ 6) Середнього Дніпра;
  - ✓ 7) Нижнього Дніпра;
- VI. Басейн Річок Причорномор'я;
- VII. Річковий басейн Дону і суббасейни:

- ✓ 8) Сіверського Дінця;
- ✓ 9) Нижнього Дону;
- VIII. Басейн річок Приазов'я;
- IX. Басейн річок Криму.

Район річкового басейну Дніпра (рис.1.2) має площу водозбору, що дорівнює 296,3 тис. км<sup>2</sup>.

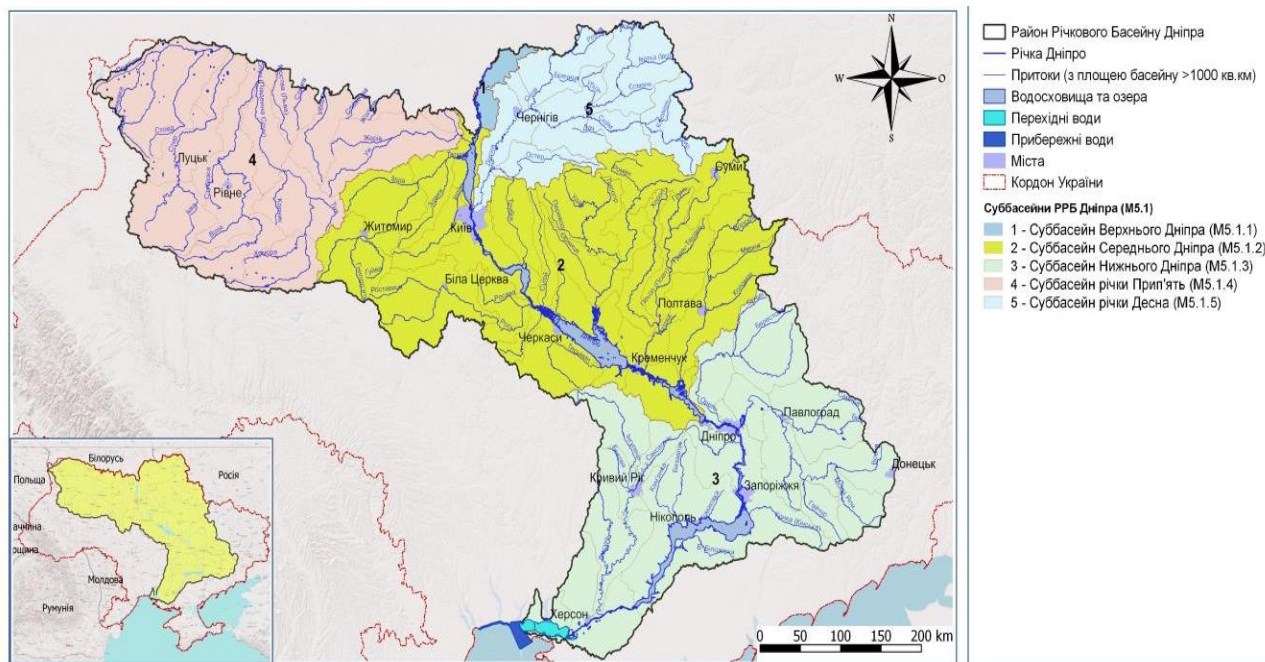


**Рис.1.2 Картосхема району басейну р. Дніпро (в межах України)**

Дніпро – одна з найбільших річок Європи. Його довжина – 2 201 км (в межах України 1121 км), загальна площа басейну – 504 тис. км<sup>2</sup>. Басейн річки Дніпро є транскордонним: 20 % його площі знаходиться в Російській Федерації, 23 % – Республіці Білорусь та 57 % – у межах України [1-3].

За площею цей басейн охоплює майже половину території України (48%). Район басейну Дніпра охоплює територію 19 областей України та повністю розташований у межах 6 областей України – Житомирської, Чернігівської, Полтавської, Дніпропетровської, Рівненської та Сумської [7, 10-11].

Враховуючи значні розміри басейну Дніпра, управління басейном здійснюється за виділеними суббасейнами. Так, у межах району басейну річки Дніпро виділено 5 суббасейнів: Верхнього, Середнього та Нижнього Дніпра, а також Прип'яті та Десни (рис 1.3) [16].



**Рис. 1.3** Суббасейни району басейну річки Дніпро в межах України

Виділення в якості суббасейнів басейнів річок Прип'яті та Десни обумовлено розмірами їх водозборів (великі річки) та транскордонним положенням [8-9].

Від верхів'їв Київського водосховища починається межа суббасейну Середнього Дніпра (рис.1.3).

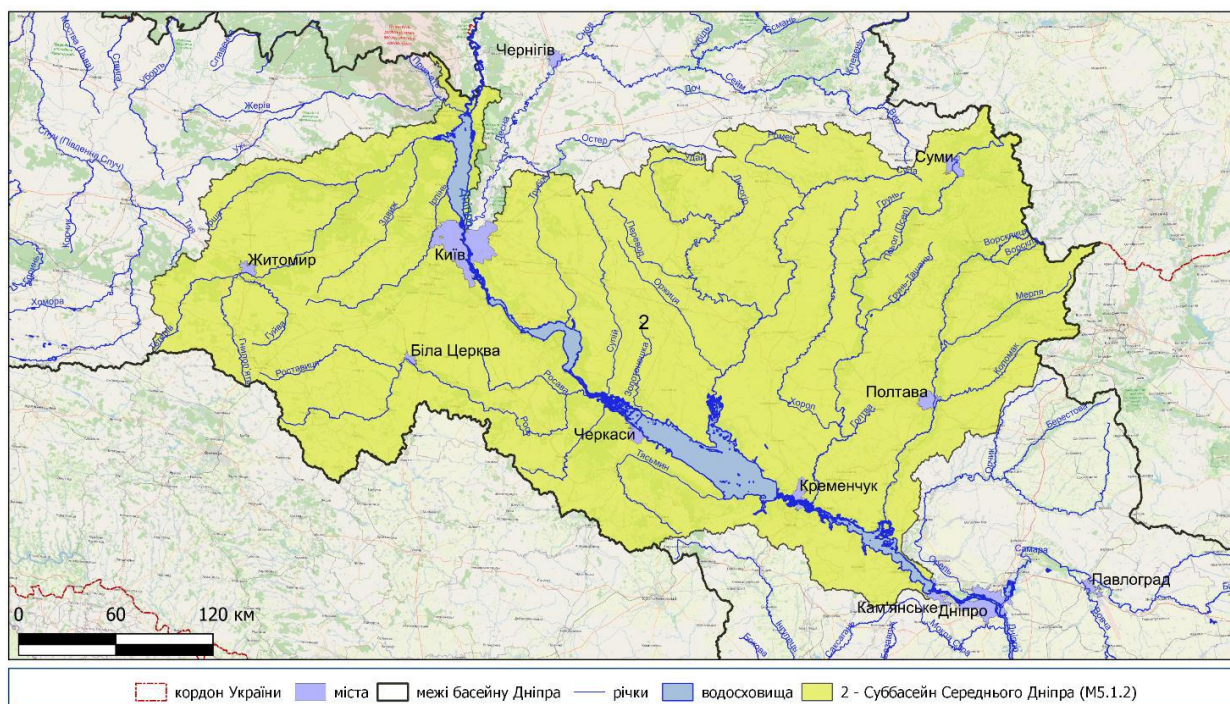
Водозбірна площа суббасейну Середнього Дніпра – найбільшого із 5-ти суббасейнів – складає 109 527 км<sup>2</sup>.

До суббасейну Середнього Дніпра входять 4 водосховища Дніпровського каскаду: Київське, Канівське, Кременчуцьке та Кам'янське з притоками різних порядків.

Територіально він розташований в межах Київської, Житомирської, Вінницької, Черкаської, Чернігівської, Сумської, Полтавської, Харківської, Кіровоградської та Дніпропетровської областях України [16].

Головними притоками Дніпра в межах суббасейну Середнього Дніпра є річки: Тетерів, Ірпінь, Стугна, Рось, Вільшанка, Тясмин (праві) та Трубіж, Супій, Сула, Псел, Ворскла (ліві) [1-3].

Межа між суббасейнами Середнього та Нижнього Дніпра (проходить по створу Середньодніпровської ГЕС) практично співпадає з межею між лісостеповою та степовою природними зонами, що відрізняються умовами формування стоку та гідрографічними характеристиками.



**Рис. 1.4** Картосхема суббасейну Середнього Дніпра в межах України

Клімат на території суббасейну – помірно-континентальний, з теплим, вологим літом та м'якою зимою. Зима суворіша на сході суббасейну, де триває приблизно на 20 днів довше. Середня кількість опадів за рік змінюється по території від 450 до 700 мм. Близько 75 % річної кількості опадів випадає в період із квітня по жовтень [16].

Водний режим річок суббасейну Середнього Дніпра визначається весняною повінню, низькою літньою меженню з періодичними літніми паводками, осіннім підняттям рівня води та зимовою меженню. Стік води у межах суббасейну зарегульований каскадом Дніпровських водосховищ та водосховищами на притоках.

Правобережна частина суббасейну повністю зосереджена в межах Українського кристалічного щита. Лівобережна частина – в межах Дніпровсько-Донецької западини та на відрогах Українського кристалічного щита. Через суббасейн проходить межа Придніпровської височини й Придніпровської низовини. Долина самого Дніпра тут асиметрична: праві схили круті та високі, а ліві – низькі й пологі [16].

Масив поверхневих вод суббасейну Середнього Дніпра представлений трьома категоріями: річки, озера і штучні та істотно змінені поверхневі води (Рис. 1.5).



**Рис. 1.5 Розподіл масиву поверхневих вод по категоріям у межах суббасейну Середнього Дніпра**

Майже 40 % масиву поверхневих вод суббасейну є істотно зміненими через зарегульованість стоку (ставки, водосховища на притоках) та спрямлення

русел. Всього виділено 1 578 одиниць масиву поверхневих вод, що складає 41 % від загальної кількості виділених в басейні Дніпра. У межах суббасейну Середнього Дніпра не виділено жодного масиву поверхневих вод, що відносяться до категорії «озера» [16].

Територія суббасейну Середнього Дніпра характеризується досить складними гідрогеологічними умовами, оскільки вона розташована в межах двох гідрогеологічних регіонів – Гідрогеологічної області Українського щита і Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Це визначає різні умови формування підземних вод – у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну вони набагато більш сприятливі, ніж у межах Гідрогеологічної області Українського щита.

Управлінськими одиницями моніторингу підземних вод є масиви підземних вод. Саме для них встановлюються екологічні цілі. Залежно від геолого-гідрогеологічних умов у цьому суббасейні виділяються 4 безнапірні та 10 напірних масиви підземних вод.

Безнапірні масиви підземних вод приурочені до наймолодших – четвертинних порід.

Напірні масиви підземних вод є захищеними від забруднення з поверхні потужною товщею водотривких порід, що їх перекривають. Вони приурочені до різновікових порід – від четвертинних до найдавніших – архейських кристалічних порід і залягають на різних глибинах.

Ресурси підземних вод в межах суббасейну залежно від різних гідрогеологічних регіонів суттєво відрізняються. Найбільші ресурси підземних вод зосереджені у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, найменші – в межах Гідрогеологічної області Українського щита. В середньому по суббасейну використання підземних вод становить близько 7,2 % від їхніх прогнозних ресурсів [16].

Аналізуючи антропогенну діяльність та навантаження в басейні Дніпра та його суббасейнах існують такі головні водно-екологічні проблеми та їх причини [16]:

1. Забруднення органічними речовинами як результат недостатньої очистки стічних вод або її відсутності;
2. Забруднення біогенними елементами як результат недостатньої очистки стічних вод або її відсутності, а також їхній змив з сільгоспугідь;
3. Забруднення небезпечними речовинами, що потрапляють зі стічними водами промислових та комунальних підприємств, пестициди та інші засоби хімічного захисту рослин, а також в результаті змиву з забруднених полігонів та при аварійному забрудненні;
4. Гідроморфологічні зміни, що пов'язані з протипаводковим захистом, гідроенергетикою, регулюванням стоку (ставки, водосховища), спрямленням русел річок.

Крім цих головних проблем, до переліку слід включити забруднення побутовими відходами (зокрема пластиком) та зміни клімату (з паводками та посухами включно).

Слід зазначити, що ці водно-екологічні проблеми є типовими для багатьох річкових басейнів України та Європи.

## **Висновки до розділу 1**

Суббасейн Середнього Дніпра відноситься до району річкового басейну Дніпра. Водозбірна площа складає 109 527 км<sup>2</sup>. Він найбільший з суббасейнів Дніпра. До суббасейну входять 4 водосховища Дніпровського каскаду: Київське, Канівське, Кременчуцьке та Кам'янське з притоками різних порядків. Територіально він розташований в межах Київської, Житомирської, Вінницької, Черкаської, Чернігівської, Сумської, Полтавської, Харківської, Кіровоградської та Дніпропетровської областей України.

Правобережна частина суббасейну повністю зосереджена в межах Українського кристалічного щита. Лівобережна частина – в межах

Дніпровсько-Донецької западини та на відрогах Українського кристалічного щита.

Клімат на території суббасейну – помірно-континентальний, з теплим, вологим літом та м'якою зимою. Лише на сході суббасейну зима суворіша. Середня кількість опадів за рік змінюється по території від 450 до 700 мм. Близько 75% річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Водний режим річок суббасейну Середнього Дніпра визначається весняною повінню, низькою літньою меженню з періодичними літніми паводками, осіннім підняттям рівня води та зимовою меженню.

Головними притоками Дніпра в межах суббасейну Середнього Дніпра є річки: Тетерів, Ірпінь, Стугна, Рось, Вільшанка, Тясмин (праві) та Трубіж, Супій, Сула, Псел, Ворскла (ліві).

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ НА ОДНОРІДНІСТЬ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ВИБІРКИ

З'ясування статистичної однорідності сукупностей є важливим елементом оцінки достовірності статистичних узагальнень. Під однорідністю будь-якої характеристики стоку розуміють не тільки те, що вона відноситься до однорідних фаз водного режиму, а також відносна незмінність протягом всього часу, за який вона аналізується, фізико-географічних умов басейну, водогосподарського використання, методик спостережень та розрахунків [5-6, 12-13].

Оцінка однорідності рядів спостережень є початковим, але важливим етапом будь-яких гідрологічних розрахунків та досліджень.

Статистичні методи оцінки однорідності гідрологічних рядів застосовуються для величин, які є випадковими і внутрішньорядно незалежними [15].

Статистичний аналіз однорідності рядів спостереження включає в себе наступні етапи: формування нульової та альтернативної гіпотез, визначення рівня значимості, вибір критичної області та довірчих меж, прийняття або відхилення нульової гіпотези [5, 12]

#### **2.1 Статистична гіпотеза. Критерій статистичної гіпотези. Основні етапи аналізу на статистичну однорідність гідрологічних рядів**

Гіпотеза — наукове припущення, що висувається для пояснення будь-якого явища і потребує перевірки на досліді та теоретичного обґрунтування,

для того щоб стати достовірною науковою теорією. Також - недоведене твердження або здогад.

Особливістю гіпотези, як форми наукового знання є те, що вона завжди має певний ступінь імовірності, відмінний від 100%.

Статистичною гіпотезою називається деяке припущення відносно властивостей генеральної сукупності з якої вибрано статистичну послідовність.

Гіпотези позначають літерою  $H$  (Hypo-thesis — припущення). Статистичні гіпотези підрозділяються на нульові й альтернативні.

Висунуту статистичну гіпотезу називають нульовою (нуль-гіпотезою) і позначають  $H_0$ . Часто для стислості нуль-гіпотезу формулюють так: відмінностей немає, а ті, що спостерігаються, випадкові.

Протилежну гіпотезу, тобто припущення про те, що відмінності не випадкові називають альтернативною і позначають  $H_a$ . У загальному випадку альтернативних гіпотез може бути декілька .

Рішення про відхилення чи визнання статистичної гіпотези проводять на основі дослідних даних, які супроводжуються випадковими помилками. Тому не виключена можливість помилки також при прийнятті рішення, причому можливі два варіанти помилкових рішень (рис. 2.1):

1. може бути відхилена, у дійсності вірна, нуль-гіпотеза — це помилка першого роду;
2. може бути визнана, у дійсності невірна, нуль-гіпотеза — це помилка другого роду [13, 16].



**Рис. 2.1 Два варіанта помилкових рішень про відхилення чи визнання статистичної гіпотези**

Отже, два варіанти помилкових рішень виникають відповідно до висунутої нуль-гіпотези, як вірної, так і невірної. Не відхилена гіпотеза (вірна чи невірна) визнається, і таким чином можливі чотири наслідки при прийнятті рішення

Для перевірки гіпотез (нульової та альтернативної) використовують тести – критерії. Це правило, яке дозволяє прийняти або не прийняти дану нульову гіпотезу [12,16] .

Статистичні критерії – це показники (статистики), які вираховуються за фактичними даними. Теоретичний закон розподілу таких критеріїв відомий наперед. Порівнюючи обчислене за вибірками та теоретичне значення критерію, можна зробити висновки про однорідність досліджуваних рядів. Якщо значення, обчислене по фактичними даними мало ймовірно, то воно потрапляє в критичну область значень і нульова гіпотеза відхиляється [5,12].

Довірча область може бути вузкою або ширшою в залежності від рівня значимості.

Рівнем значимості  $\alpha$  називається таке досить мале значення ймовірності, яке в конкретному випадку може характеризувати майже неможливу подію, або, рівень значимості – це ймовірність події, якою вирішено знехтувати. Відмінність між одиницею та рівнем значимості називають довірчою ймовірністю  $\beta = (1-\alpha)$ .

Вибір рівня значимості  $\alpha$  пов'язаний з деяким ризиком допустити помилку. Він приймається на основі досвіду в припущенні, що помилковий висновок (на основі прийнятої гіпотези) буде зроблений тільки в дуже рідкісних випадках. При виборі рівня значимості необхідно враховувати її придатність у практиці, важливість розрахунків, точність вихідних даних і можливість збільшення об'єму вибірки. Враховуючи точність гідрометеорологічних вимірів і розрахунків при перевірці однорідності

гідрологічних та метеорологічних рядів, рівень значимості приймають  $\alpha = 0,05$  (5 %), іноді  $\alpha = 0,01$  (1 %) та  $\alpha = 0,1$  (10 %) [5-6, 12-13].

При перевірці гіпотези необхідно розрізняти односторонній та двосторонній критерії. Так, при порівнянні середніх із двох вибірок представляють однаковий інтерес як позитивні, так і негативні відмінності. Тому при 5 % рівні значимості приймають по 2,5 % ймовірності відхилення відповідно в додатній та від'ємній областях. Односторонній критерій використовується в тих випадках, коли потрібно впевнитись, що одна величина більше (менше) від іншої.

Рівень значимості  $\alpha = 0,05$  (5 %), приймається тоді, коли обидві вибірки близькі за водністю. Якщо ж вибірки мають різну водність і тенденцію її змінювання, то необхідно приймати рівень значимості в залежності від сполучення водності та тенденції її змінювання. При однозначній зміні тенденції та водності приймається рівень значимості  $\alpha = 0,01$  (1 %), при різній направленості цих процесів –  $\alpha = 0,10$  (10 %).

Імовірність відхилити вірну гіпотезу носить назву рівня значущості, оскільки це нижня межа імовірності, за якою лежать статистично незначущі її значення. Наприклад, імовірність, меншу ніж 0,05 (5 %), називають незначущою. Якщо в п'яти або менше випадках із ста наш висновок не підтвердився і цією помилкою ми знехтуємо, вона не матиме значення. Якщо такий процент помилки нас не влаштовує і вважається занадто великим, слід прийняти вищий, наприклад,  $\alpha = 0,01$  (1 %) рівень значущості. Таким чином, рівень значущості при переході від 0,05 (5 %) до 0,01 (1 %) зростає, результат порівняння показників стає більш значущим, надійним. Отже, рівень значущості, наприклад  $\alpha = 0,05$  (5 %), ділить діапазон імовірностей на дві частини: до однієї входять імовірності значущі, і ми ними не нехтуємо (від 1 (100%) до 0,05 (5 %)); до іншої — імовірності незначущі, які для даної задачі не беруться до уваги (від 0,05 (5 %) до 0 (0 %)) [5-6, 12-13].

Критична область. Як вже відмічалось, результати перевірки нульової гіпотези значною мірою залежать від прийнятого рівня значимості.

Область ймовірних значень критерію перевірки гіпотези розділяють на критичну область і область допустимих значень (або область прийняття). Рівень значимості  $\alpha$  є межею між ними. Найкращий вибір критичної області робиться так, щоб критерій перевірки мав найбільшу чуттєвість, або щоб ймовірність потрапляння його в критичну область, коли справедлива альтернативна гіпотеза, була найбільшою. Ця ймовірність називається потужністю критерію.

При заданому рівні значимості  $\alpha$  можна розглядати: область великих додатних відхилень, область від'ємних відхилень, область великих за абсолютним значенням відхилень та область малих за абсолютним значенням відхилень [15].

У теорії ймовірностей відомо багато критеріїв однорідності, використовуючи які можна визначити однорідність вибірових значень параметрів розподілу, зокрема середніх значень, дисперсій, або безпосередньо встановити належність декілька вибірок до однієї генеральної сукупності. Критерії однорідності діляться на дві групи – параметричні, які потребують знання закону розподілу (Стюдента, Фішера, Бартлера та ін.), та непараметричні (критерії Вількоксона, Ван-дер Вандера, Фішера – Йетса, Клотца та ін.) [12].

## 2.2 Параметричні критерії

Відповідно до нормативних документів, що досі використовуються в Україні [13], відносяться розробки ДГІ, що рекомендують для перевірки рядів спостережень за стоком води на однорідність використовувати узагальнені параметричні критерії Фішера та Стюдента, адаптовані до гідрологічних рядів [6]. Оскільки вони внесені у нормативні документи, то мають статус обов'язкових (стандартних) для застосування.

Для виконання роботи нами застосовано:

- критерій  $t$  Стюдента, який застосовують для порівняння двох середніх значень з нормально розподілених сукупностей.

-  $F$ - критерій Фішера, який використовують для перевірки однорідності дисперсій двох вибірок .

Критерій  $t$  – розподілу Стюдента правомірно застосовувати для порівняння двох середніх значень з нормально розподілених сукупностей у тому випадку, якщо припустити, що дисперсії статистичних рядів, які розглядаються, дорівнюють одна одній  $\sigma_x^2 = \sigma_y^2 = \sigma^2$ , хоча вони і невідомі. Критерій Стюдента подається через статистику  $t$  у вигляді [12, 15]:

$$t = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}} \quad (2.1)$$

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

$\sigma_x^2$  та  $\sigma_y^2$  – дисперсії вибірок;

$n_x$  і  $n_y$  – об'єми вибірок.

Цей критерій підкоряється розподілу Стюдента за кількістю степенів вільності:

$$K = n_x + n_y - 2 \quad (2.2)$$

Як і для всіх критеріїв, тут приймається нульова та альтернативна гіпотези. Критична область  $t$  – критерію встановлюється за рівнем значимості  $f$  та кількістю степенів вільності  $K$ . Для перевірки на однорідність гідрологічних рядів за допомогою критерію Стюдента визначається область при двосторонньому 5 %-вому рівні значимості. Величина  $(t_{f, K})$  визначається зі таблиці розподілів Стюдента. Якщо при співставленні  $|t| \leq |t_{f, K}|$  то нульова

гіпотеза приймається і досліджувані ряди є однорідними, а альтернативна відхиляється [12, 15].

Критерій Стьюдента є параметричним критерієм, тому що його використання пов'язано з необхідністю прийняття для цієї конкретної вибірки нормального закону розподілу.

Крім того, слід звернути увагу на те, що  $t$ -критерій можна використовувати лише при виконанні наступних умов [15]:

1. Спостереження в кожній з розглянутих груп взяті випадковим чином з однієї і тієї ж генеральної сукупності.
2. Спостереження мають нормальні розподіли або обсяги вибірок  $n_1$  і  $n_2$  більше 30.

*Критерій Фішера (F- критерій)* використовують для перевірки однорідності дисперсій двох вибірок. Необхідність в такій перевірці може виникнути у випадку проведення в басейні річки водогосподарських заходів, у разі об'єднання в один загальний ряд даних спостережень за стоком декількох постів і в інших випадках, коли є припущення про зміну формування стоку або його підрахунок. Крім того,  $F$ - критерій використовується для попередньої оцінки однорідності дисперсій при перевірці однорідності середніх вибірових значень за критерієм Стьюдента [6].

Критерій Фішера застосовується до рядів, по відношенню до яких робиться припущення про підпорядкування їх нормальному закону розподілу.

Величина критерію обчислюється як відношення емпіричних дисперсій:

$$F = \sigma_x^2 / \sigma_y^2, \quad (2.3)$$

де  $\sigma_x^2$  і  $\sigma_y^2$  – дисперсії вибірок  $x$  і  $y$ .

У якості чисельника беруть більшу із дисперсій [5]. При числі ступеня вільності  $m_1 = n_x - 1$  і  $m_2 = n_y - 1$  ( $n_x$  і  $n_y$  – об'єми вибірок  $x$  і  $y$ ) і при прийнятому рівні значимості  $\alpha$  за таблицею знаходять критичне значення  $F_{\alpha; m_1 m_2}$ . Якщо

обчислене за емпіричними даними значення критерію не перевищує знайденого за таблицею його критичного значення, тоді припущення про однорідність дисперсій (нульова гіпотеза  $\sigma_x^2 = \sigma_y^2$ ) не суперечить даним спостережень.

Критична область  $F$ -критерію визначається межами  $F_{\alpha; m1m2}$  і  $F_{\alpha; m1m2}$ . Верхні критичні значення  $F_{\alpha; m1m2}$  визначаються за таблицею для рівнів значимості 1,0 і 5,0 %. Нижні критичні значення  $F$ -критерія визначають із співвідношення:

$$\underline{F}_{\alpha; m1m2} = 1 / F_{\alpha; m1m2} \quad (2.4)$$

Нульова гіпотеза приймається при  $\underline{F}_{\alpha; m1m2} \leq F \leq F_{\alpha; m1m2}$  [6].

### 2.3 Непараметричні критерії перевірки однорідності

Із непараметричних критеріїв однорідності широке застосування отримали критерії Вількоксона (кількості інверсій, рангово-сумарний критерій та ін.) які застосовуються для перевірки однорідності двох вибірок. В роботі застосовано один з них, який ґрунтується на визначенні кількості інверсій, відомий як статистика  $u$  [12, 15].

Розрахунок статистики  $u$  критерію Вількоксона полягає у підрахунку кількості інверсій, які виявляються у результаті наступних процедур. Спостереження, які складають дві вибірки розташовуються в загальній послідовності в спадному порядку їх значень у вигляді  $y_1 x_1 x_2 y_2 y_3 y_4 x_3 y_5 y_6 x_4 y_7 y_8 x_5 x_6$ , де  $x_1 \dots x_6$  – члени, які належать до першої вибірки,  $y_1 \dots y_8$  – члени другої вибірки.

Якщо будь-якому значенню передують значення  $y$ , тоді пара утворює інверсію. Так, у даному випадку

$x_1 x_2$  утворюють по одній інверсії з  $y_1$

$x_3$  утворює чотири інверсії з  $y_1 y_2 y_3 y_4$

$x_4$  утворює шість інверсій з  $y_1 y_2 y_3 y_4 y_5 y_6$

$x_5 x_6$  утворюють по вісім інверсій з  $y_1 y_2 y_3 y_4 y_5 y_6 y_7 y_8$ .

Усього в цьому випадку буде  $1+1+4+6+8+8=28$  інверсій.

Теоретично доведено, що при довжині рядів, які порівнюються, не менше ніж 10 членів, кількість інверсій розподілено приблизно за нормальним законом з їх математичним сподіванням

$$M_u = \frac{m \cdot n}{2} \quad (2.5)$$

І дисперсією

$$D_u = \frac{m \cdot n}{12} (n + m + 1), \quad (2.6)$$

де  $m$  та  $n$  – відповідно кількість членів у вибірках, які порівнюються.

Рівень значимості приймають двосторонній і той же, що й у попередніх випадках – 5%.

Критичною областю для нульової гіпотези є область великих за абсолютною величиною відхилень з довірчими межами

$$u_H \leq M_u - tp \sigma_u, \quad (2.7)$$

$$u_B \geq M_u + tp \sigma_u, \quad (2.8)$$

де  $U_H$  та  $U_B$  – відповідно нижнє та верхнє критичні значення,  $tp$  – нормоване відхилення за прийнятого рівня значимості (його значення для двосторонніх рівнів значимості 0.1, 1.0, 5.0, та 10.0% відповідно дорівнюють 3.29, 2.58, 1.96, і 1.64),  $\sigma_u = \sqrt{D_u}$  – середнє квадратичне відхилення кількості інверсій [12].

Якщо прихована загальна кількість інверсій попадає у область допустимих значень, то приймається нульова гіпотеза (вибірки однорідні). Але якщо загальна кількість інверсій перевищує або менше нижнього критичного

значення, то гіпотеза про однорідність вибірок з ймовірністю 95% відхиляється і приймається альтернативна (вибірки неоднорідні) [12].

## **Висновки до розділу 2**

У математичній статистиці та теорії ймовірностей відомо багато критеріїв однорідності, використовуючи які можна визначити однорідність вибірових значень гідрологічних даних, зокрема середніх значень, дисперсій, або безпосередньо встановити належність декілька вибірок до однієї генеральної сукупності.

Критерії однорідності діляться на дві групи – параметричні, які потребують знання закону розподілу (Ст'юдента, Фішера, Бартлера та ін.), та непараметричні (критерії Вількоксона, Ван-дер Вандера, Фішера – Йетса, Клотца та ін.)

При перевірці за всіма критеріями однорідності зазначених випадкових вибірок дотримуються наступного порядку дій:

- 1) обрання статистичної характеристики перевірки,
- 2) визначення нульової та альтернативної гіпотез,
- 3) визначення рівня значимості.
- 4) знаходження за відповідними таблицями критичної області (критичної точки) для обраної статистичної характеристики.
- 5) прийняття або відхилення нульової гіпотези, знаючи критичні області та довірчі межі.

## РОЗДІЛ 3

### ОЦІНКА ОДНОРІДНОСТІ СЕРЕДНЬОГО РІЧНОГО ТА МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧОК СЕРЕДНЬОГО ДНІПРА

#### 3.1 Вихідні дані

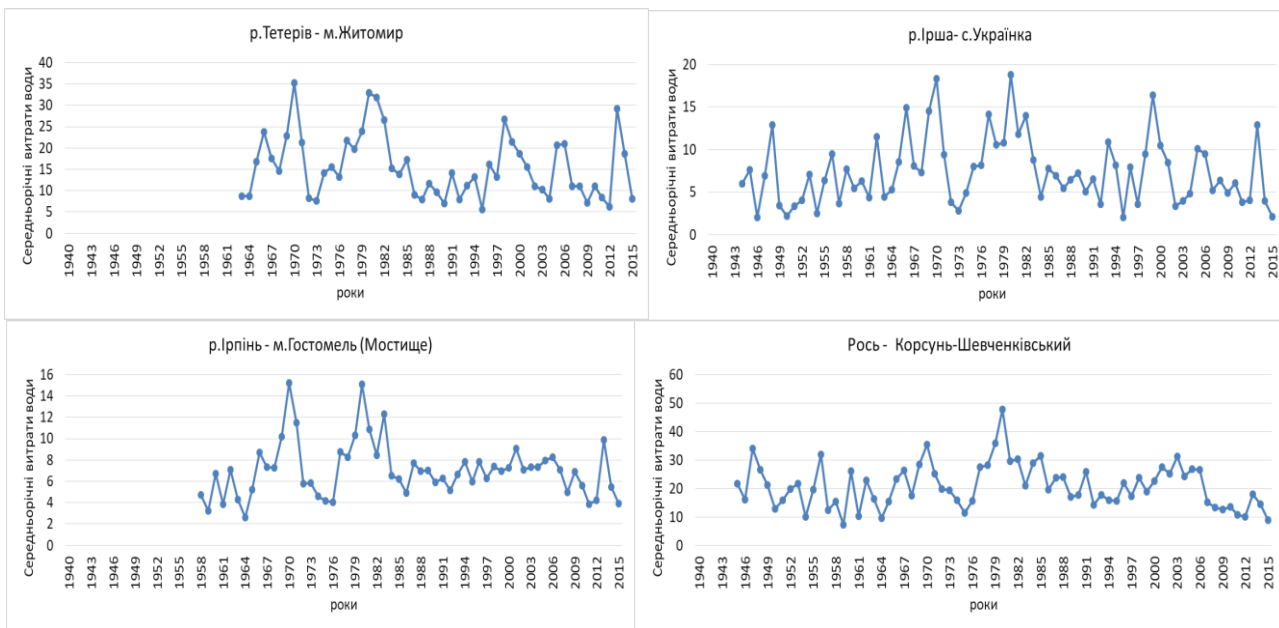
Для перевірки на однорідність даних спостережень за середньорічним та максимальним стоком води річок суббасейну Середнього Дніпра було взято загалом 8 річок – 4 річки правобережні притоки Дніпра (рр. Тетерів, Ірша, Ірпінь, Рось і 4 річки лівобережні притоки (рр. Сула, Ромен, Псел, Ворскла). У табл. 3.1 надана інформація про замикальні створи на досліджуваних річках, площі басейнів, період та кількість років спостережень.

*Таблиця 3.1.*

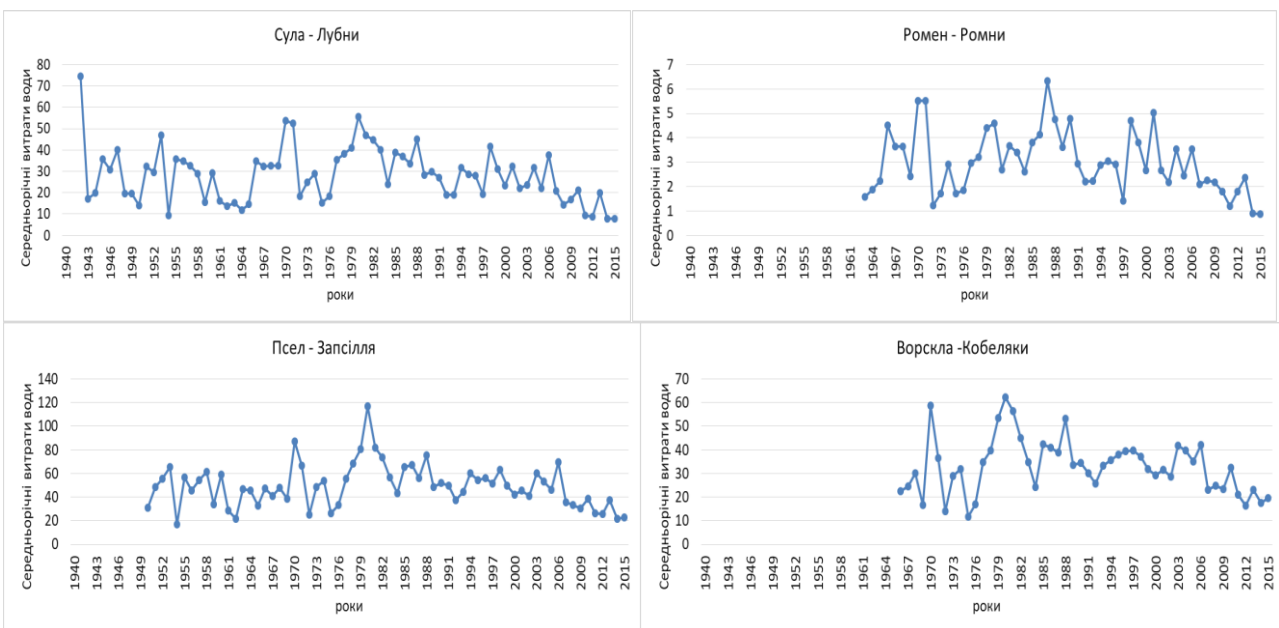
**Інформація про замикальні створи на досліджуваних річках суббасейну  
Середнього Дніпра, площі їх басейнів, період та кількість років  
спостережень за середньорічним та максимальним стоком води**

Річка - Пост		Площа басейну, км <sup>2</sup>	Період спостереження	Кількість років спостереження
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	5270	1963-2015	57
	Ірша- Українка	2840	1944-2015	72
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	2840	1958-2015	58
	Рось - Корсунь-Шевченківський	10300	1945-2015	71
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	14200	1942-2015	74
	Ромен - Ромни	1650	1963-2015	53
	Псел - Запсілля	21800	1950-2015	66
	Ворскла -Кобеляки	13500	1966-2015	50

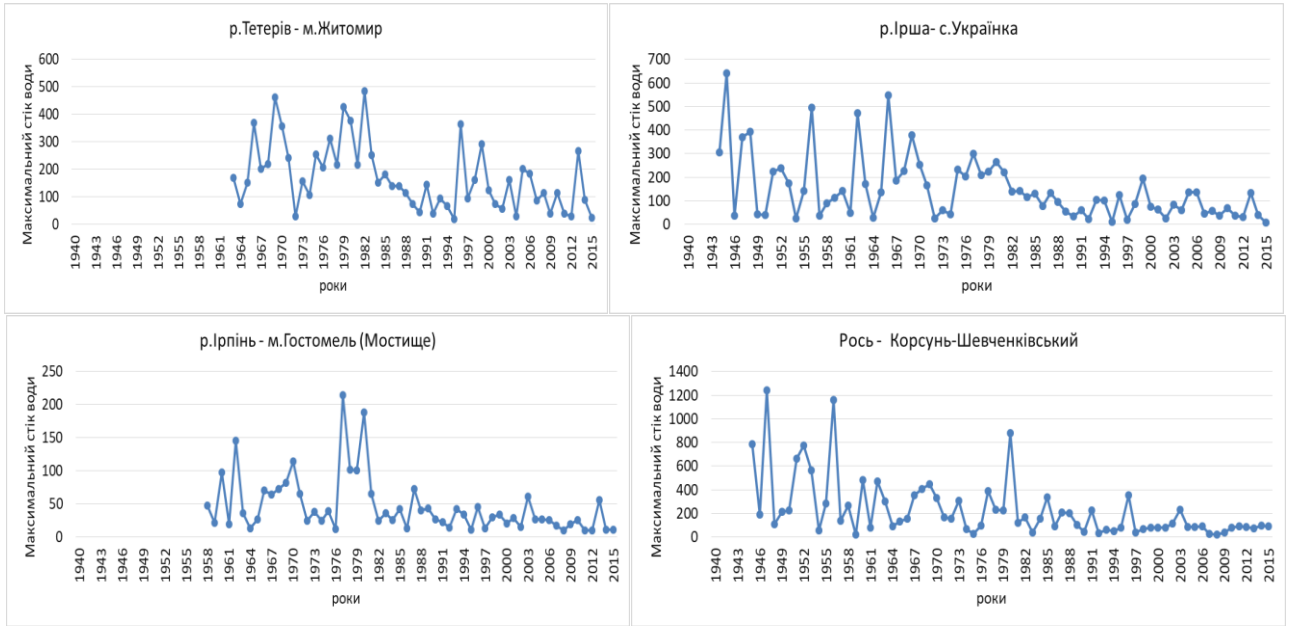
На рисунках 3.1 – 3.4 подано хронологічний перебіг середнього річного та максимального стоку води на річках право- та лівобережних приток суббасейну Середнього Дніпра



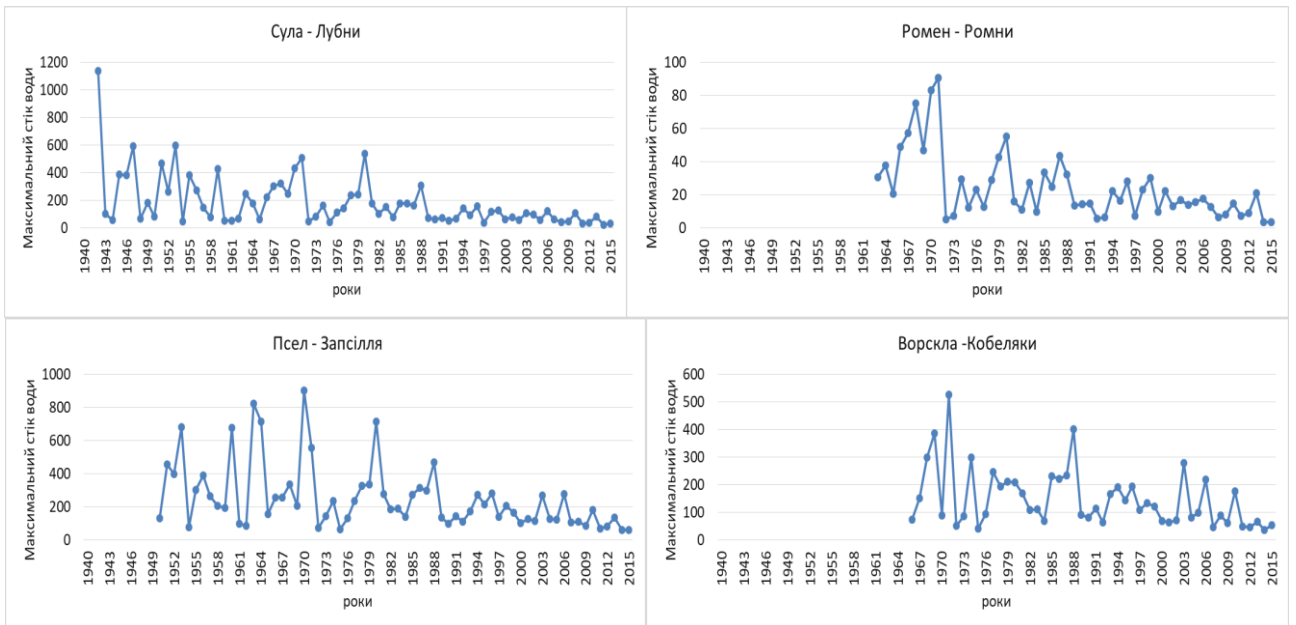
**Рис. 3.1** Багаторічні зміни середнього річного стоку води на річках правобережних приток суббасейну Середнього Дніпра на рр. Тетерів, Ірша, Ірпінь, Рось



**Рис. 3.2** Багаторічні зміни середнього річного стоку води на річках лівобережних приток суббасейну Середнього Дніпра на рр. Сула, Ромен, Псел, Ворскла



**Рис. 3.3 Багаторічні зміни максимального стоку води на річках правобережних приток суббасейну Середнього Дніпра на рр. Тетерів, Ірша, Ірпінь, Рось**



**Рис. 3.4 Багаторічні зміни максимального стоку води на річках лівобережних приток суббасейну Середнього Дніпра на рр. Сула, Ромен, Псел, Ворзскла**

Оцінка однорідності за параметричними критеріями Стьюдента та Фішера і за непараметричним Вількоксона виконувалася за допомогою програми StokStat 1.2.1 для розрахунку статистичних характеристик, що використовуються в гідрології. Вона відповідає нормативному документу СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» [6, 13].

### 3.2 Перевірка значимості середніх значень (за критерієм Стьюдента)

Розрахункові статистики  $t$  як для середнього річного стоку води річок, так й для максимального стоку води за параметричним критерієм Стьюдента для перевірки значимості різниці середніх значень двох вибірок визначалися за формулами 2.1. та 2.2.

Всі оцінки проводились при 5%-ому та 1%-ому рівні значимості.

**3.2.1 Середньо річний стік води.** Результати перевірки на однорідність за критерієм Стьюдента даних спостережень за середньорічним стоком води річок суббасейну Середнього Дніпра на правобережних та лівобережних притоках при 5%-ому рівні значимості подано в табл. 3.2, при 1%-ому рівні значимості – в табл. 3.3.

Таблиця 3.2

#### Перевірка на однорідність даних спостережень середньорічного стоку води річок суббасейну Середнього Дніпра за параметричним критерієм Стьюдента при 5% рівні значимості

Річка -Пост		критерій Стьюдента		Однорідність
		розрах. t	аналіт. ta	
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	2,048	2,001	-
	Ірша- Українка	0,048	2,0	+
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	1,001	2,008	+
	Рось - Корсунь-Шевченківський	0,421	2,001	+
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	0,231	1,999	+
	Ромен - Ромни	2,310	2,011	-

Продовження таблиці 3.2

	Псел - Запсілля	0,92	2,003	+
	Ворскла -Кобеляки	1,546	2,012	+

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Таблиця 3.3

**Перевірка на однорідність даних спостережень середньорічного стоку  
води річок суббасейну Середнього Дніпра за параметричним критерієм  
Стьюдента при 1% рівні значимості**

Річка -Пост		критерій Стьюдента		Однорідність
		розрах. t	аналіт. ta	
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	2,048	2,68	+
	Ірша- Українка	0,048	2,66	+
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	1,001	2,67	+
	Рось - Корсунь-Шевченківський	0,421	2,66	+
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	0,231	2,66	+
	Ромен - Ромни	2,310	2,68	+
	Псел - Запсілля	0,92	2,67	+
	Ворскла -Кобеляки	1,546	2,68	+

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Як бачимо з розрахункових таблиць, при оцінці однорідності за критерієм Стьюдента при 5%-ому рівні значимості, виявилися неоднорідними середні значення двох половин вибірок середнього річного стоку води для двох річок: Тетерів – Житомир та Ромен – Ромни. При 1%-ому рівні значимості, коли довірчі межі розширюються, а критична область зменшується, виявилось, що середні річні витрати води для всіх досліджуваних річок однорідні.

**3.2.2 Максимальний за рік стік води.** Результати перевірки на однорідність за критерієм Стьюдента даних спостережень за максимальним стоком води річок суббасейну Середнього Дніпра на правобережних та лівобережних притоках при 5%-ому рівні значимості подано в табл. 3.4, при 1%-ому рівні значимості – в табл. 3.5.

Аналіз результатів перевірки однорідності за рівністю середніх значень двох половин вибірок показав, що ряди максимальних витрат води на всіх досліджуваних річках неоднорідні. Навіть на рис. 3.3 та 3.4, на яких показано зміни максимальних витрат води на досліджуваних річках, чітко прослідковується зменшення максимумів на річках в сучасний період.

Таблиця 3.4

**Перевірка на однорідність даних спостережень максимального стоку води річок суббасейну Середнього Дніпра за параметричним критерієм Стьюдента при 5% рівні значимості**

Пост		критерій Стьюдента		Однорідність
		розрах. t	аналіт. ta	
Правобережні жні притоки	Тетерів - Житомир	4,078	2,01	-
	Ірша- Українка	4,148	2,0	-
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	3,447	2,008	-
	Рось - Корсунь-Шевченківський	3,623	2,00	-
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	3,427	1,999	-
	Ромен - Ромни	4,111	2,011	-
	Псел - Запсілля	3,635	2,008	-
	Ворскла -Кобеляки	2,731	2,012	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Таблиця 3.5

**Перевірка на однорідність даних спостережень максимального стоку води річок суббасейну Середнього Дніпра за параметричним критерієм Стьюдента при 1% рівні значимості**

Пост		критерій Стьюдента		Однорідність
		розрах. t	аналіт. ta	
Правобережні жні притоки	Тетерів - Житомир	4,078	2,679	-
	Ірша- Українка	4,148	2,658	-
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	3,447	2,674	-
	Рось - Корсунь-Шевченківський	3,623	2,658	-
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	3,427	2,656	-
	Ромен - Ромни	4,111	2,681	-
	Псел - Запсілля	3,635	2,665	-
	Ворскла -Кобеляки	2,731	2,683	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

### 3.3 Перевірка рівності дисперсій (за критерієм Фішера)

Розрахункові статистики  $F$  як для середнього річного стоку води річок, так й для максимального стоку води за параметричним критерієм Фішера для перевірки рівності двох дисперсій вибірок визначалися за формулами 2.3. та 2.4.

Всі оцінки проводились при 5%-ому та 1%-ому рівні значимості.

**3.3.1 Середньорічний стік води.** Результати перевірки на однорідність за критерієм Фішера даних спостережень за середньорічним стоком води річок суббасейну Середнього Дніпра на правобережних та лівобережних притоках при 5%-ому рівні значимості подано в табл. 3.6, при 1%-ому рівні значимості – в табл. 3.7.

Таблиця 3.6

#### Перевірка на однорідність даних спостережень середньорічного стоку води річок суббасейну Середнього Дніпра за параметричним критерієм Фішера при 5% рівні значимості

Пост		критерій Фішера		Однорідність
		розрах. F	аналіт. Fa	
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	1,55	2,25	+
	Ірша- Українка	1,039	2,06	+
	(Мостище)	5,44	2,192	-
	Рось - Корсунь-Шевченківський	1,915	2,078	+
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	1,368	2,04	+
	Ромен - Ромни	1,412	2,25	+
	Псел - Запсілля	2,348	2,116	-
	Ворскла -Кобеляки	3,225	2,27	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Таблиця 3.7.

#### Перевірка на однорідність даних спостережень середньорічного стоку води річок суббасейну Середнього Дніпра за параметричним критерієм Фішера при 1% рівні значимості

Пост		критерій Фішера		Однорідність		
		розрах. F	аналіт. Fa			
с	ж	н	Тетерів - Житомир	1,55	2,94	+

	Ірша- Українка	1,039	2,61	+
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	5,44	2,839	-

Продовження таблиці 3.7

	Рось - Корсунь-Шевченківський	1,915	2,64	+
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	1,368	2,57	+
	Ромен - Ромни	1,412	2,94	+
	Псел - Запсілля	2,348	2,708	+
	Ворскла -Кобеляки	3,225	2,97	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

З розрахункових таблиць бачимо, що при оцінці однорідності мінливості рядів середнього річного стоку води при 5%-ому рівні значимості, виявилися неоднорідними за дисперсіями двох половин вибірок середнього річного стоку води для трьох річок: Ірпінь – Гостомель, Псел – Запсілля та Ворскла – Кобеляки. При 1%-ому рівні значимості, ситуація мало змінилася. Хоча при 1%-ому рівні значимості довірчі межі розширюються, а критична область зменшується, виявилось, що середні річні витрати води залишилися неоднорідними для тих же річок при 5%-ому рівні значимості, крім р. Псел – Запсілля.

**3.3.2 Максимальний за рік стік води.** Результати перевірки на однорідність за критерієм Фішера даних спостережень за максимальним стоком води річок суббасейну Середнього Дніпра на правобережних та лівобережних притоках при 5%-ому рівні значимості подано в табл. 3.8, при 1%-ому рівні значимості – в табл. 3.9.

Таблиця 3.8

**Перевірка на однорідність даних спостережень максимального стоку  
води річок суббасейну Середнього Дніпра за параметричним критерієм  
Фішера при 5% рівні значимості**

		Пост	критерій Фішера		Однорідність
			розрах. F	аналіт. Fa	
Правобережні притоки		Тетерів - Житомир	1,868	2,232	+
		Ірша- Українка	7,207	2,059	-
		Ірпінь - Гостомель (Мостище)	9,917	2,193	-
		Рось - Корсунь-Шевченківський	3,781	2,059	-
Лівобережні притоки		Сула - Лубни	5,496	2,04	-

	Ромен - Ромни	10,163	2,251	-
	Псел - Запсілля	6,5	2,116	-
	Ворскла -Кобеляки	3,729	2,27	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Таблиця 3.9

**Перевірка на однорідність даних спостережень максимального стоку  
води річок суббасейну Середнього Дніпра за параметричним критерієм  
Фішера при 1% рівні значимості**

Пост		критерій Фішера		Однорідність
		розрах. F	аналіт. Fa	
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	1,868	2,904	+
	Ірша- Українка	7,207	2,609	-
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	9,917	2,839	-
	Рось - Корсунь-Шевченківський	3,781	2,609	-
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	5,496	2,576	-
	Ромен - Ромни	10,163	2,937	-
	Псел - Запсілля	6,5	2,708	-
	Ворскла -Кобеляки	3,729	2,97	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Аналіз результатів перевірки однорідності за рівністю дисперсій двох половин вибірок як при 5%-ому рівні значимості, так й при 1%-ому рівні значимості показав, що ряди максимальних витрат води на всіх досліджуваних річках неоднорідні, крім р. Тетерів – м. Житомир.

На рис. 3.3 та рис. 3.4 які ілюструють зміни максимальних витрат води за багаторічний період на досліджуваних річках, чітко прослідковується не тільки зменшення величин максимальних витрат води, а також мінливості максимумів води на досліджуваних річках в сучасний період.

### 3.4 Перевірка кількістю інверсій (за критерієм Вількоксона)

Розрахункові статистики  $u$  як для середнього річного стоку води річок, так й для максимального стоку води за непараметричним критерієм Вількоксона визначалися за формулами 2.5. – 2.8.

Всі оцінки проводились при 5%-ому та 1%-ому рівні значимості.

**3.4.1 Середньорічний стік води.** Результати перевірки на однорідність за критерієм Вількоксона даних спостережень за середньорічним стоком води річок суббасейну Середнього Дніпра на правобережних та лівобережних притоках при 5%-ому рівні значимості подано в табл. 3.10, при 1%-ому рівні значимості – в табл. 3.11.

Таблиця 3.10

**Перевірка на однорідність даних спостережень середньорічного стоку води річок суббасейну Середнього Дніпра за непараметричним критерієм Вількоксона при 5% рівні значимості**

Пост		Статистики критерію Вількоксона			Однорідність
		розрах.	Аналіт <b>нижня</b> межа	Аналіт <b>верхня</b> межа	
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	454	231	445	-
	Ірша- Українка	646	474	822	+
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	432	294	547	+
	Рось - Корсунь-Шевченківський	622	446	779	+
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	675	503	865	+
	Ромен - Ромни	459	230	445	-
	Псел - Запсілля	587	391	697	+
	Ворскла -Кобеляки	378	211	413	+

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Таблиця 3.11

**Перевірка на однорідність даних спостережень середньорічного стоку води річок суббасейну Середнього Дніпра за непараметричним критерієм Вількоксона при 1% рівні значимості**

Пост		Статистики критерію Вількоксона			Однорідність
		розрах.	Аналіт <b>нижня</b> межа	Аналіт <b>верхня</b> межа	
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	454	197	478	+
	Ірша- Українка	646	420	876	+
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	432	255	586	+
	Рось - Корсунь-	622	394	831	+

	Шевченківський				
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	675	446	922	+
	Ромен - Ромни	459	198	478	+
	Псел - Запсілля	587	344	745	+
	Ворскла -Кобеляки	378	180	445	+

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

**3.4.2 Максимальний за рік стік води.** Результати перевірки на однорідність за критерієм Вількоксона даних спостережень за максимальним стоком води річок суббасейну Середнього Дніпра на правобережних та лівобережних притоках при 5%-ому рівні значимості подано в табл. 3.12, при 1%-ому рівні значимості – в табл. 3.13.

*Таблиця 3.12*

**Перевірка на однорідність даних спостережень максимального стоку  
води річок суббасейну Середнього Дніпра за непараметричним критерієм  
Вількоксона при 5% рівні значимості**

Пост		Статистики критерію Вількоксона			Однорідність
		розрах.	Аналіт <b>нижня</b> межа	Аналіт <b>верхня</b> межа	
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	567	241	461	-
	Ірша- Українка	959	474	822	-
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	620	294	546	-
	Рось - Корсунь- Шевченківський	976	459	800	-
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	972	503	865	-
	Ромен - Ромни	532	231	445	-
	Псел - Запсілля	784	392	697	-
	Ворскла -Кобеляки	447	211	414	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

*Таблиця 3.13*

**Перевірка на однорідність даних спостережень максимального стоку  
води річок суббасейну Середнього Дніпра за непараметричним критерієм  
Вількоксона при 1% рівні значимості**

Пост	Статистики критерію Вількоксона	Однорідність
------	---------------------------------	--------------

		розрах.	Аналіт <b>нижня</b> межа	Аналіт <b>верхня</b> межа	
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	567	206	495	-
	Ірша- Українка	959	419	876	-
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	620	255	585	-
	Рось - Корсунь- Шевченківський	976	407	853	-

*Продовження таблиці 3.13*

Лівобережні притоки	Сула - Лубни	972	446	922	-
	Ромен - Ромни	532	198	478	-
	Псел - Запсілля	784	344	745	-
	Ворскла -Кобеляки	447	180	445	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Аналіз результатів перевірки однорідності за критерієм Вількоксона як при 5%-ому рівні значимості , так й при 1%-ому рівні значимості показав, що ряди максимальних витрат води на всіх досліджуваних річках неоднорідні.

### **Висновки до розділу 3**

В результаті дослідження та на основі статистичної обробки даних спостережень за середнім річним та максимальним стоком води річок суббасейну Середнього Дніпра проаналізовано та узагальнено результати перевірки вибірок на однорідність за параметричними стандартними критеріями *t*- Стьюдента та *F*-Фішера та за непараметричним інверсійним *u*-критерієм Вількоксона. Перевірку проводили при 5%-ому і при 1%-ому рівні значимості.

Узагальнені результати перевірки на однорідність наведено в таблицях 3.14-3.17.

*Таблиця 3.14*

**Узагальнені результати перевірки на однорідність даних  
спостережень середньорічного стоку за параметричними та  
непараметричним критеріями при 5% рівні значимості**

Пост		Параметричні						Непараметричні			
		критерій Стьюдента		+/-	критерій Фішера		+/-	критерій Вількоксона			+/-
		розрах. t	аналіт. ta		розрах. F	аналіт. Fa		розрах.	межі аналіт.		
Правобережні режні	Тетерів - Житомир	2,048	2,001	-	1,55	2,25	+	454	231	445	-
	Ірша-Українка	0,048	2,0	+	1,039	2,06	+	646	474	822	+

*Продовження таблиці 3.14*

	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	1,001	2,008	+	5,44	2,192	-	432	294	547	+
	Рось - Корсунь-Шевченківський	0,421	2,001	+	1,915	2,078	+	622	446	779	+
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	0,231	1,999	+	1,368	2,04	+	675	503	865	+
	Ромен - Ромни	2,310	2,011	-	1,412	2,25	+	459	230	445	-
	Псел - Запсілля	0,92	2,003	+	2,348	2,116	-	587	391	697	+
	Ворскла - Кобеляки	1,546	2,012	+	3,225	2,27	-	378	211	413	+

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

*Таблиця 3.15*

**Узагальнені результати перевірки на однорідність даних  
спостережень середньорічного стоку за параметричними та  
непараметричним критеріями  
при 1% рівні значимості**

Пост		Параметричні						Непараметричні			
		критерій Стьюдента		+/-	критерій Фішера		+/-	критерій Вількоксона			+/-
		розрах. t	аналіт. ta		розрах. F	аналіт. Fa		розрах.	межі аналіт.		
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	2,048	2,68	+	1,55	2,94	+	454	197	478	+
	Ірша-Українка	0,048	2,66	+	1,039	2,61	+	646	420	876	+
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	1,001	2,67	+	5,44	2,839	-	432	255	586	+

	Рось - Корсунь- Шевченківсь- кий	0,421	2,66	+	1,915	2,64	+	622	394	831	+
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	0,231	2,66	+	1,368	2,57	+	675	446	922	+
	Ромен - Ромни	2,310	2,68	+	1,412	2,94	+	459	198	478	+
	Псел - Запсілля	0,92	2,67	+	2,348	2,708	+	587	344	745	+
	Ворскла - Кобеляки	1,546	2,68	+	3,225	2,97	-	378	180	445	+

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Таблиця 3.16

**Узагальнені результати перевірки на однорідність даних  
спостережень максимального стоку за параметричними та  
непараметричним критеріями при 5% рівні значимості**

Пост	Параметричні						Непараметричні				
	критерій Стьюдента		+/-	критерій Фішера		+/-	критерій Вількоксона			+/-	
	розрах. t	аналіт. ta		розрах. F	аналіт. Fa		розрах.	межі аналіт.			
Правобережні притоки	Тетерів - Житомир	4,078	2,01	-	1,868	2,232	+	567	241	461	-
	Ірша- Українка	4,148	2,0	-	7,207	2,059	-	959	474	822	-
	Ірпінь - Гостомель (Мостище)	3,447	2,008	-	9,917	2,193	-	620	294	546	-
	Рось - Корсунь- Шевченківсь- кий	3,623	2,00	-	3,781	2,059	-	976	459	800	-
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	3,427	1,999	-	5,496	2,04	-	972	503	865	-
	Ромен - Ромни	4,111	2,011	-	10,163	2,251	-	532	231	445	-
	Псел - Запсілля	3,635	2,008	-	6,5	2,116	-	784	392	697	-
	Ворскла - Кобеляки	2,731	2,012	-	3,729	2,27	-	447	211	414	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Таблиця 3.17

**Узагальнені результати перевірки на однорідність даних  
спостережень максимального стоку за параметричними та  
непараметричним критеріями  
при 5% рівні значимості**

Пост		Параметричні						Непараметричні			
		критерій Стьюдента		+/-	критерій Фішера		+/-	критерій Вількоксона			+/-
		розрах. T	аналіт. Ta		розрах. F	аналіт. Fa		розрах.	Межі аналіт.		
Правобережні притоки	Тетерів – Житомир	4,078	2,679	-	1,868	2,904	+	567	206	495	-
	Ірша- Українка	4,148	2,658	-	7,207	2,609	-	959	419	876	-
	Ірпінь – Гостомель (Мостище)	3,447	2,674	-	9,917	2,839	-	620	255	585	-

*Продовження таблиці 3.17*

	Рось - Корсунь- Шевченківсь- кий	3,623	2,658	-	3,781	2,609	-	976	407	853	-
Лівобережні притоки	Сула - Лубни	3,427	2,656	-	5,496	2,576	-	972	446	922	-
	Ромен - Ромни	4,111	2,681	-	10,163	2,937	-	532	198	478	-
	Псел - Запсілля	3,635	2,665	-	6,5	2,708	-	784	344	745	-
	Ворскла - Кобеляки	2,731	2,683	-	3,729	2,97	-	447	180	445	-

\*+ – однорідні, - – не однорідні.

Якщо середній річний стік води річок суббасейну Середнього Дніпра можна вважати в основному однорідним, то максимальний стік – неоднорідним, що показали розраховані статистики критеріїв за даними спостережень, які перевищили аналітичні значення як при 5%-ому рівні значимості, так й при 1%-ому рівні значимості.

## ВИСНОВКИ

Мета та завдання, які були поставлені у дипломній роботі виконано.

1. Оцінка однорідності рядів спостережень є початковим, але важливим етапом будь якого гідрологічного дослідження річок. Статистичні методи оцінки однорідності гідрологічних та метеорологічних рядів застосовуються для величин, які є випадковими і внутрішньорядно незалежними. Для оцінки однорідності рядів нами застосовано: F- критерій Фішера, критерій t Стьюдента та критерій Вількоксона. Оцінка однорідності виконувалася за допомогою програми StokStat для розрахунку статистичних характеристик, що використовуються в гідрології. При перевірці за всіма критеріями однорідності зазначених випадкових вибірок дотримувалися наступного порядку дій: а) обрання статистичної характеристики перевірки; б) визначення нульової та альтернативної гіпотез (нульова гіпотеза – випадкові ряди характеристик стоку води однорідні, альтернативна – неоднорідні); в) визначення рівня значимості; г) знаходження за відповідними таблицями критичної області (критичної точки) для обраної статистичної характеристики; д) прийняття або відхилення нульової гіпотези, знаючи критичні області та довірчі межі.

При перевірці однорідності за всіма критеріями був прийнятий рівень значимості – 5% та 1%.

Для дослідження однорідності характеристик стоку води річок суббасейну Середнього Дніпра було створено банк даних від початку спостережень до по 2015 р. зі середніх річних та максимальних витрат води на 8 річках в межах суббасейну Середнього Дніпра – р. Тетерів – м. Житомир, р. Ірша- с. Українка, р. Ірпінь – м. Гостомель (Мостище), р. Рось – м. Корсунь-Шевченківський, р. Сула – м. Лубни, р. Ромен – м. Ромни, р. Псел – с. Запсілля, р. Ворскла –с. Кобеляки. Тривалість рядів спостережень за досліджуваними характеристиками стоку води в основному склали 50-70 років

2. Високий відсоток показників однорідності рядів середніх річних витрат води річок Середнього Дніпра, свідчать про відсутність спрямованих змін річного стоку води річок. За результатами розрахунків за всіма досліджуваними критеріями оцінки однорідності отримали, що при 5%-ому рівні значимості 75-87,5% рядів можна вважати однорідними, а при 1%-ому рівні значимості – 87,5-100%).

3. Кліматичні зміни, що відбуваються на території України впродовж останніх десятиліть, призвели до значних змін у величинах максимальних річних витрат води річок України. Найбільших змін зазнали максимальні витрати весняного водопілля, які є характерними загалом для річок рівнинної частини країни, зокрема досліджуваній суббасейн Середнього Дніпра. Їх зменшення відбулося як за абсолютною величиною, так і за розмахом (варіюванням) багаторічних коливань. Цей факт підтверджується високим відсотком порушень однорідності рядів максимальних річних витрат води річок в межах суббасейну Середнього Дніпра. За результатами розрахунків за всіма критеріями оцінки однорідності як при 5%-ому, так й при 1%-ому рівні значимості відсоток порушень однорідності склав 88-100%.

Отже, в результаті проведеного аналізу однорідності зроблено наступний висновок. Середній річний стік води річок суббасейну Середнього Дніпра можна вважати в основному однорідним. Максимальний стік – неоднорідним, що показали розраховані статистики критеріїв за даними спостережень, які значно перевищили аналітичні значення статистик як при 5%-ому, так й при 1%-ому рівні значимості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вишневський В. І. Гідрологічні характеристики річок України / В. І. Вишневський, О. О. Косовець – Київ : Ніка-центр, 2003. – 324 с.
2. Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання / В. І. Вишневський – Київ: Віпол, 2000. – 376 с.
3. Вишневський В.І. Ріка Дніпро. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2011. – 384 с.
4. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. - Київ, 2006. - 240 с.
5. Гидрологические и водно-балансовые расчеты. : учеб. пособие для вузов. / Л.М. Козинцева, Н.Г. Галущенко, О.З. Ревера и др.; Под ред. Н.Г. Галущенко. - [б. м.] : Вища школа, 1987. - 247 с.
6. Горбачова Л.О. Методичні підходи щодо оцінки стаціонарності і однорідності гідрологічних рядів спостережень // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.1. – С.22-31.
7. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В.Гребінь. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
8. Гребінь В. В. Гідрографічне районування території України як передумова розробки планів інтегрованого управління річковими басейнами /В. В. Гребінь, М. В. Яцюк, О. В. Чунарьов // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - 2012. - Т. 2. - С. 8-16.
9. Гребінь В. В. Гідрографічне районування території України: принципи, критерії, порядок здійснення / В. В. Гребінь, М. В. Яцюк, О. В. Чунарьов // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - 2013. - Т. 1. - С. 6-16.
10. Загальна гідрологія: підручник / В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь [та ін.] – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 384 с.
11. Клименко В.Г. Гідрологія України: Навчальний посібник для студентів-географів. – Харків:ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010. - 120 с.

12. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» для студентів географічного факультету / упоряд. О.І. Лук'янець. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 29-35с.
13. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчётных значений по неоднородным данным // ГУ «ГГИ», 2010. – 162 с.
14. Про затвердження меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок / Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 03.03.2017 № 103. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0421-17>.
15. Рождественский А. В. Статистические методы в гидрологии / А. В. Рождественский, А.И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 357-401 с.
16. Сайт басейнового управління водних ресурсів середнього Дніпра Держводагентства України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://buvrd.gov.ua/>