

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: Особливості сезонного розподілу стоку річок суббасейну Нижнього
Дніпра

Виконав магістр 2-го року навчання
групи МЗГ-21
спеціальності 103 «Науки про Землю»
освітньо-професійної програми «Гідрологія і
комплексне використання водних ресурсів»
Закатей Богдан Анатолійович

Керівник канд. геогр. наук, ст. викладач
Гопцій Марина Володимирівна

Консультант _____

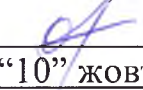
Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Прокоф'єв Олег Милославович

Одеса 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут</u>
Кафедра	<u>Гідрології суші</u>
Рівень вищої освіти	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>103 Науки про Землю</u> (шифр і назва)
Освітня програма	<u>Гідрологія і комплексне використання водних ресурсів</u> (назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувача кафедри гідрології суші
 д-р геогр. наук, доц. Овчарук В.А.
“10” жовтня 2022 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА СТУДЕНТУ**

Закатею Богдану Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Особливості сезонного розподілу стоку річок суббасейну Нижнього Дніпра

керівник роботи канд. геогр. наук, ст.викладач Гопцій Марина Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від “ 30 ” вересня 2022 року № 166«С»

2. Строк подання студентом роботи 14.11.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: середньомісячні та середньорічні витрати води по річках суббасейну Нижнього Дніпра від початку спостережень по 2015 рік, включно; основні гідрографічні характеристики досліджуваних водозборів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити 1. Фізико-географічні умови формування стоку річок протягом року в суббасейні Нижнього Дніпра. 2. Особливості водного режиму річок суббасейну Нижнього Дніпра. 3. Оцінка величини та мінливості річного стоку річок суббасейну Нижнього Дніпра. 4. Особливості розподілу стоку річок по сезонах в суббасейні Нижнього Дніпра.

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

Карто-схеми: фізико-географічного положення суббасейну Нижнього Дніпра, розташування гідрологічних постів.

Графіки: внутрішньорічного розподілу стоку, розподіл стоку в залежності від водності року, хронологічні графіки витрат води, різницево-інтегральні криві.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 10.10.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ за/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ. Особливі фізико-географічні умови формування стоку річок протягом року в суббасейні Нижнього Дніпра	10-15.10.2022		
2	Кліматичні умови формування стоку на річках. Господарські діяльність	16-18.10.2022		
3	Гідрографічна мережа та гідрологічна вивченість. Загальна характеристика водного режиму річок	19.10-01.11.2022		
	Рубіжна атестація	01-05.11.2022		
4	Оцінка величини та мінливості річного стоку річок суббасейну Нижнього Дніпра	02-6.11.2022		
5	Особливості розподілу стоку річок по сезонах в суббасейні Нижнього Дніпра	7-9.11.2022		
6	Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку методом реального року та методом компонування. Висновки	10-14.11.2022		
	Перевірка роботи на плагіат, підписання авторського договору	14-18.11.2022		
	Підготовка доповіді, презентації	21-30.11.2022		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

Студент

Закатей Б.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Гопцій М.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Фізико-географічні умови формування стоку річок протягом року в суббасейні Нижнього Дніпра	9
1.1 Географічне положення, рельєф	10
1.2 Ґрунти та рослинність	11
1.3 Кліматичні умови формування стоку на річках	12
1.4 Господарські діяльність	15
2 Особливості водного режиму річок суббасейну Нижнього Дніпра	20
2.1 Гідрографічна мережа та гідрологічна вивченість	20
2.2 Загальна характеристика водного режиму річок	22
3 Оцінка величини та мінливості річного стоку річок суббасейну Нижнього Дніпра	26
3.1 Циклічність у коливаннях річного стоку	27
3.2 Розрахунки статистичних параметрів річного стоку при достатньої кількості матеріалів спостережень за стоком	31
3.3 Розрахунки статистичних параметрів річного стоку при недостатньої кількості матеріалів спостереження за стоком	35
4 Особливості розподілу стоку річок по сезонах в суббасейні Нижнього Дніпра	46
4.1 Загальна характеристика внутрішньорічного розподілу стоку	46
4.2 Розподіл стоку річок в залежності від водності років на річках суббасейну Нижнього Дніпра	53
4.3 Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку методом реального року	56
4.4 Розрахувати внутрішньорічний розподіл стоку методом компонування для цілей зрошення	59
Висновки.....	64
Перелік джерел посилання.....	66

АНОТАЦІЯ
Кваліфікаційна робота магістра
студента гр. МЗГ-21 Закатея Богдана Анатолійовича
на тему «Особливості сезонного розподілу стоку річок суббасейну
Нижнього Дніпра».

Актуальність теми. Для потреб народного господарства необхідно завжди мати надійну кількісну оцінку водності річок протягом року, сезонів та щомісячно. Оцінка сезонного та помісячного розподілу природного стоку дозволить надати розрахункову величину стоку, яку можна використати для потреб населення без додаткових регулюючих стоку заходів.

Мета дослідження. Визначити величину річного стоку з встановленням особливостей сезонного розподілу стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра.

Основні задачі: - дослідити особливості формування стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра протягом року та по сезонах; - виконати оцінку величини річного стоку та його просторово-часову мінливість; - виконати розрахунок внутрішньорічного та сезонного розподілу стоку на річках досліджуваного регіону.

Об'єкт і предмет дослідження: ряди середньорічного та середньомісячних витрат води за багаторічний період спостереження на річках суббасейну Нижнього Дніпра.

Методи досліджень: статистичний, гідролого-генетичний, узагальнення, компонування.

Результати роботи: розраховано сучасний розподіл стоку по місяцях і сезонах для річок суббасейну Нижнього Дніпра методом компонування для цілей зрошення з розрахунковою ймовірністю перевищення $P = 25 \%, 50 \%, 75 \% \text{ і } 97 \%$, що опираються на матеріали спостережень по 2015 рік, включно. Виконана оцінка величини річного стоку та узагальнені його основні характеристики.

Новизна досліджень, теоретичне і практичне значення. Виконаний розрахунок розподілу стоку по місяцях і сезонах дає можливість визначити розподіл і величину стоку в межах суббасейну Нижнього Дніпра для річок, які не вивчені у гідрологічному відношенні.

Результати дослідження рекомендовано використовувати в галузі водного господарства, в державному водному агентстві та гідрометеорологічній службі ДСНС України.

Кількість сторінок – 66

Кількість рисунків – 19

Кількість таблиць – 6

Кількість використаної літератури – 7

Ключові слова: ВНУТРІШНЬОРІЧНИЙ РОЗПОДІЛ СТОКУ, СЕЗОННИЙ СТІК, РІЧНИЙ СТІК, УЗАГАЛЬНЕННЯ, СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

SUMMARY

Master's qualification work
of student gr. MZH-21 Zakatey Bohdan on the theme
«Peculiarities of the seasonal distribution of river flow in the Lower Dnieper subbasin».

Actuality of theme. For the needs of the national economy, it is always necessary to have a reliable quantitative assessment of the water content of rivers throughout the year, seasons, and month-to-month. Assessment of the seasonal and monthly distribution of natural runoff will allow for the provision of an estimated amount of runoff that can be used for the needs of the population without additional runoff regulation measures.

The purpose to determine the amount of annual runoff with the establishment of features of the seasonal distribution of runoff on the rivers of the Lower Dnieper subbasin.

Main tasks: - to investigate the peculiarities of the formation of runoff on the rivers of the Lower Dnipro sub-basin during the year and by seasons; - to perform an assessment of the amount of annual flow and its spatial and temporal variability; - to calculate the intra-annual and seasonal flow distribution on the rivers of the studied region.

Object and subject of research: series of average annual and average monthly water consumption for the long-term observation period on the rivers of the Lower Dnieper subbasin.

Research methods: statistical, hydrological and genetic, generalization, composition.

The results the modern flow distribution by months and seasons for the rivers of the Lower Dnieper sub-basin was calculated by the method of layout for irrigation purposes with an estimated probability of exceeding $P = 25\%, 50\%, 75\%$ and 97% , based on observational materials up to and including 2015. An assessment of the amount of the annual flow and its main characteristics have been summarized.

Research novelty and theoretical and practical significance. The calculation of the flow distribution by months and seasons makes it possible to determine the distribution and amount of flow within the Lower Dnieper subbasin for rivers that have not been hydrologically studied.

The results of the study are recommended for water management, in the state water agency and hydrometeorological service of the State Emergency Service of Ukraine.

Number of pages is - 66

Number of drawings - 19

The number of tables is 6

Number of used literature - 7

Key words: INTERNAL FLOW DISTRIBUTION, SEASONAL FLOW, ANNUAL FLOW, GENERALIZATION, STATISTICAL CHARACTERISTICS.

ВСТУП

Актуальність. Для потреб народного господарства необхідно завжди мати надійну кількісну оцінку водності річок протягом року, сезонів та щомісячно. Оцінка сезонного та помісячного розподілу природного стоку дозволить надати розрахункову величину стоку, яку можна використати для потреб населення без додаткових регулюючих стоку заходів.

Об'єкт дослідження: річний стік по водозборах суббасейну Нижнього Дніпра

Предмет дослідження: ряди середньорічного та середньомісячних витрат води за багаторічний період спостереження на річках суббасейну Нижнього Дніпра.

Мета кваліфікаційної роботи магістра дослідити величину річного стоку з встановленням особливостей сезонного розподілу стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра.

Завдання:

- дослідити особливості формування стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра протягом року та по сезонах;
- виконати оцінку величини річного стоку та його просторово-часову мінливість;
- виконати розрахунок внутрішньорічного та сезонного розподілу стоку на річках досліджуваного регіону.

Перший розділ присвячено аналізу фізико-географічних умов формування річного стоку річок суббасейну Нижнього Дніпра. Річки розташовані на півдні України в гирловій ділянці Дніпра степової зони.

Другий розділ присвячено визначення особливостей водного режиму річок суббасейну Нижнього Дніпра та опису гідрографічної мережі.

У третьому розділі виконано просторово-часовий аналіз статистичних параметрів річного стоку та їх узагальнення по території. Визначені величини

середньорічних модулів стоку 97 %-вій забезпеченості, які класифікуються як модулі стоку дуже маловодного року.

Розділ четвертий розкриває найбільш вагомі результати виконаного дослідження в рамках кваліфікаційної роботи магістра. Для річок суббасейну Нижнього Дніпра визначено розрахунковий внутрішньорічний розподіл стоку за типовою схемою реального року, за моделями характерних років та методом компановки.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ СТОКУ РІЧОК ПРОТЯГОМ РОКУ В СУББАСЕЙНІ НИЖНЬОГО ДНІПРА

З метою впровадження положень Водної Рамкової Директиви ЄС запропоновано гідрографічне районування території України, які відмічені на картосхемі.

Район річкового басейну Дніпра поділено на чотири суббасейни: Прип'яті, Десни та середньої і нижньої течії Дніпра.

Річки суббасейну Нижнього Дніпра протікають по південній частині греблі Кременчуцького водосховища (створ Кременчуцької ГЕС) до Дніпровський лиман (виключаючи басейни річок Псел і Ворскла). Річки суббасейну повністю розташовані у степовій зоні.

Суббасейн Нижнього Дніпра другий за розміром суббасейн РРБ Дніпра з площею 82 625 км², що складає близько 28% від загальної площі РРБ Дніпра, та 13,7 % від загальної площі України (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Район річкового басейну Дніпра,
суббасейн Нижнього Дніпра [1]

Суббасейн розташований в межах 8 адміністративно-територіальних одиниць України (8 областей: Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Кіровоградська, Миколаївська, Полтавська, Харківська, Херсонська). Загальна довжина річки Дніпро в межах суббасейну складає близько 440 км, протікає по Дніпропетровській, Запорізькій та Херсонській областях.

1.1 Географічне положення, рельєф

Південну частину суббасейну займає Причорноморську низовина, поверхня якої поступово понижується з півночі на південь, а на півночі – відроги Придніпровської височини та Полтавської рівнини (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Фізико-географічне положення суббасейну Нижнього Дніпра [2]

Річки суббасейну Нижнього Дніпра протікають по південній частині Донецького кряжу і Причорноморській низовини. Найбільші річки досліджуваної території Орель, Самара, Інгулець. Річки Самара і Орель беруть початок на кордоні Дніпровсько-Донецької западини і Донецької складчастої області, а р. Інгулець на Придніпровській височині [1]-[2].

В верхів'ях річок суббасейну Нижнього Дніпра спостерігаються кам'яновугільні і юрські відкладення, які створюють прошарки.

Найголовнішими у формуванні рельєфу в області суббасейну Нижнього Дніпра є акумулятивна і ерозійна діяльність льодовика максимального зледеніння і водних потоків на схилах і в долинах, що обумовлена геологічною будовою території, тектонічної активністю її окремих частин, а також впливом зовнішніх процесів [2].

1.2 Ґрунти та рослинність

Поверхневі ґрунтові відкладення і ґрунтовий покрив в суббасейні Нижнього Дніпра визначається кліматичними умовами і географічним положенням, особливостей розташування досліджуваного району в степовій зоні [2].

Галогенні - засолені і солонцюваті ґрунти приурочені до низьких недренованому місцях, де неглибоко залягають мінералізовані води, які капілярно пов'язані з ґрунтами, що формують основну частину ґрунтів Нижнього Подніпров'я. Це і є характерною особливістю річкових долин, які мають особливо низькі добре розвинені тераси в долинах.

У заплаві річок регіону сформувалися лучні засолені, солонцюваті і вилужені ґрунти. На піщаних терасах - дернові відсталі ґрунти.

Ґрунти різноманітні за своїм складом, властивостями і агрономічних якостей. У ґрунті знаходиться більше 0,1% від загальної ваги водорозчинних солей - сода з домішкою хлоридів і сульфатів [2].

Дуже поганими фізичними властивостями відрізняється солонцювата ґрунтова маса, яка сильно набухає і прилипає до ґрунтообробних знарядь і стає пластичною і тому дуже погано пропускає воду, погано провітрюються.

Суббасейн Нижнього Дніпра має типовий рослинний покрив для степової зони України, де лісові дерева можуть зустрічатися лише вздовж долин річок і балок.

Степи представлені класом формацій лугових степів. Рослинність характеризується наявністю в своєму складі ксерофільних, дерновинних і вузьколистих злаків-еdifікаторів, костриці бороздчатої, тонконога сизого, мітлиці Сирейщикова, тонконога вузьколистого, комірника, конюшини гірської та альпійської, підмаренника справжнього, осоки низької.

На території степової зони лугові стеги заміщаються справжніми ксеромезофільними степами.

Великого поширення в степовій частині Дніпровського басейну мають місця піски з слабо закріпленою рослинністю, що є основою для поширення голих пісків.

1.3 Кліматичні умови формування річкового стоку

Клімат суббасейну Нижнього Дніпра помірно-континентальний із загальним посиленням континентальності у напрямку на південний схід у степовій зоні, для якої є характерні коротка, холодна й малосніжна зима з частими відлигами і незначним сніговим покривом, жарке й посушливе літо [1].

Внаслідок відносно малої висоти сонця над горизонтом значення радіаційного фактору зменшується. Перехід до холодного періоду пов'язаний з початком вторгнення арктичного повітря, що обумовлює різкі й значні похолодання. У холодний період року спостерігається посилення східного і південно-східного вітру [2].

Часті відлиги є відмінною особливістю зим в суббасейні Нижнього Дніпра, що викликані переміщенням циклонічних утворень з Атлантики, Середземного і Чорного морів.

Найбільш інтенсивні відлиги, значні опади, ожеледь та хуртовини спостерігаються при виході на територію басейну південних і південно-західних циклонів. У більшості випадків в цей час майже повністю сходить сніговий покрив за рахунок підвищення температури повітря [2].

Процеси адвекції слабшають в період переходу до весняного сезону по мірі зменшення температурних контрастів між водою і сушею, які характеризуються підвищенням ролі радіаційного фактору і посиленням впливу підстильної поверхні. За умовами циркуляції початок весни пов'язано з ослабленням Північно-східних і східних впливів і посиленням західних. У квітні і травні ще спостерігаються повернення холодів, викликані вторгненням арктичного повітря, обумовлюються різкі похолодання і заморозки [2].

Влітку вторгнення арктичного повітря майже повністю припиняється через що атмосферні процеси характеризуються посиленням Азорського антициклону. Отже влітку над територією переважає антициклональна погода з великою кількістю ясних і сонячних днів. Це сприяє подальшій трансформації і прогріванню повітря. Виникають суховії і пилові бурі. Розвивається термічна конвекція, активізується грозова діяльність. Основні опади як і в холодний період випадає із заходу. В цілому погодні умови літнього сезону відрізняються значним підвищенням температури за рахунок прогріву земної поверхні, великий повторюваності ясних днів, рідкісними туманами, активної грозової діяльністю.

Протягом осіннього сезону Азорський циклон повністю руйнується. Замість нього в жовтні-листопаді починає розвиватися сибірський антициклон. У його систему входять антициклони, що переміщаються із заходу. Восени вже частково створюються сприятливі умови для антициклонів. У зв'язку з цим збільшується повторюваність туманів, похмурої погоди з мжичать опадами. Одночасно посилюється циклонічна діяльність. Циклони приносять вологе повітря з Атлантики і Середземного моря. Обумовлюючи на більшій частині території

похмуру з дощами погоду. Проходження західних циклонів супроводжується посиленням вітру, зрідка освітою туману та ожеледиці. В цілому погода другої половини осені характеризується великою кількістю похмурих днів, обложними опадами і тривалими туманами. За циркуляційним особливостям друга половина осені наближається до зимового сезону [1].

Взимку спостерігаються мінімальні значення радіаційного балансу, а у весняний період величини радіаційного балансу помітно збільшуються, що пояснюється збільшенням висоти сонця, тривалістю дня і сходом снігового покриву. В червні і липні спостерігаються максимальні значення радіаційного балансу. Тоді як з серпня радіаційний баланс починає різко зменшуватися і в листопаді виявляється близьким до нуля. А в грудні стає негативним [1].

У зимовий час істотний вплив на формування температурного режиму надає атмосферна циркуляція. Середньорічна температура повітря змінюється з півночі на півночі від $+8...9\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+9...10\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні при середньорічній сумі опадів 400-600 мм (рис. 1.3).

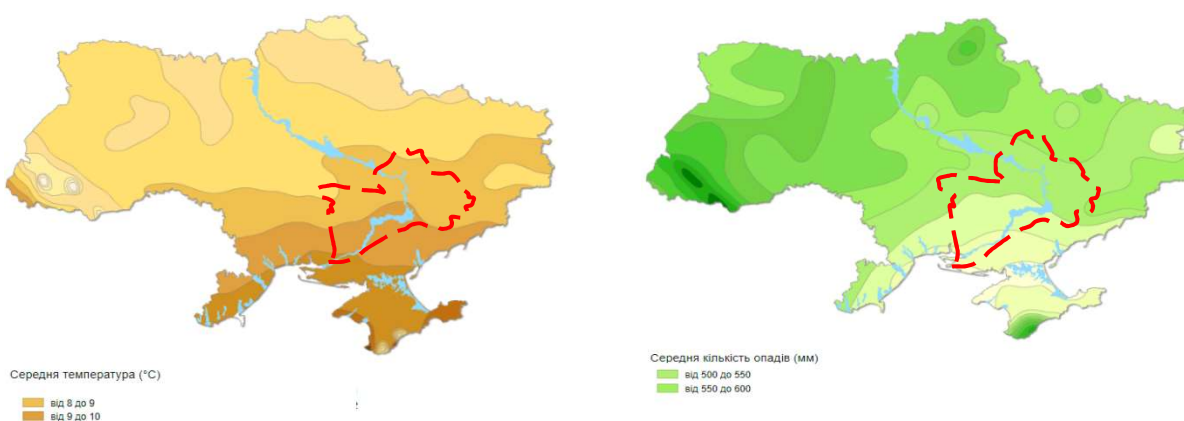


Рисунок 1.3 – Середньорічна температура повітря ($^{\circ}\text{C}$) та кількість опадів (мм) [3]

В січні спостерігаються найбільш низькі температури повітря. Починаючи з березня температура повітря на тлі неодноразових знижень починає рости, спочатку повільно, а потім інтенсивніше. У теплу пору року температурний режим визначається радіаційними чинниками, а також впливає підстильна

поверхня. Ослаблення циклонічної діяльності обумовлює зменшення мінливості температури. Найтепліший місяць року – липень [1].

Перехід середньодобової температури навесні через -5°C спостерігається 14 лютого, стійкий перехід добової температури через 0°C град спостерігається 14 березня, через 5°C спостерігається 2 квітня. Перехід зі середньодобової температури вище 5°C припадає на 31 жовтня, через 0°C восени 21 листопада, і перехід через -5°C доводиться взимку 25 грудня.

Періоди випадання опадів чергуються з періодами бездощів'я. Коли вирівнюється температура моря і суші, зменшується повторюваність циклонів і різко збільшується повторюваність антициклонів припадають осінній і весняний максимуму періоду бездощів'я. До червня зростає повторюваність циклонів, і в зв'язку з цим в цей час періоди тривалого бездощів'я різко скорочуються. У бездощові періоди витрати тепла на випаровування малі. Що поступає тепло витрачається на нагрівання земної поверхні і прилеглих шарів повітря і відбувається підвищення температури. При підвищенні температури спостерігається зниження відносної вологості. В результаті чого створюються умови для виникнення посухи і суховіїв [1].

Перший сніг як правило сходить повністю. Середні дати утворення снігового покриву відстають на 2-5 днів від середньої дати переходу температурного режиму до від'ємних значень. В середньому сніговий покрив з'являється до кінця грудня та триває 2-2,5 місяці. Тривалість сніготанення становить в середньому 10-15 днів [2].

Відсутність стійкого снігового покриву в окремі зими викликається тривалими відлигами, які часто спостерігаються в суббасейні Нижнього Дніпра..

1.4 Господарські діяльність

Специфікою досліджуваної території суббасейну Нижнього Дніпра є його унікальність, оскільки саме тут Дніпро ділиться на рукави та утворює велику дельту, впадаючи у Дніпро-Бузький лиман та Чорне море [1].

Найбільші магістральні канали, які були побудовані задля перекидання зарегульованого стоку Дніпра в посушливі степові райони України з метою зрошення сільгоспугідь та забезпечення водою маловодних регіонів. Велике значення для підтримання належного рівня продовольчого забезпечення України, за рахунок збільшення вчетверо зрошуваних площ та започаткування риборозведення, закладення садів та виноградників, в рази зросла врожайності зернових [1].

Стічна вода в суббасейні Нижнього Дніпра, що утворилася внаслідок використання підприємствами та населенням, акумулюється має свої негативні особливості. Яскравий приклад – скид високомінералізованих шахтних вод Кривбасу у р. Інгулець, водами якої користуються Херсонська, Миколаївська і Дніпропетровська області. І хоча щорічно в передполивний період проводиться промивка р. Інгулець водою з Карачунівського водосховища, якість її дуже низька.

Скоординовані дії, принципу комплексності та інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами, що нададуть змогу підтримувати добру якість води та екологічний стан суббасейну Нижнього Дніпра можна буде досягнути позитивних результатів.

Природні водотоки суббасейну Нижнього Дніпра розташовані в більшості в Херсонській області і займають площу 10,67 тис. га (<https://buvrnd.gov.ua/>), тоді як сумарний водні об'єктів займають 430,5 тис. га. А штучні водні об'єкти (ставки - 12,3 тис. га, водосховища - 64,28 тис. га, канали, колектори, канами) займають площу 15,35 тис. га [2].

Каховське водосховище (рис. 1.4). Загальна довжина – 230 км, у т.ч. по території Херсонської обл. 100 км, середня ширина – 9,3 км, максимальна – 25 км, середня глибина – 8,5 м, максимальна – 24 м, об'єм – 18200 млн. м³.

Зрошувальні системи Херсонської області (рис. 1.4):

- Каховський магістральний канал (довжина - 130 км, у тому числі в межах Херсонської області – 121 км. Пропускна спроможність – до 500 м³/с);

- Північно-Кримський канал (довжина – 437 км, пропускна спроможність – до 380 м³/с);
- Олександрівський канал (довжина – 101 км, продуктивність – 59 м³/с);
- Зональний канал (довжина – 35 км, продуктивність – 40 м³/с);
- Сірогозький канал (довжина – 40 км, продуктивність – 30 м³/с).

Каховська ГЕС



Каховське водосховище



Каховський магістральний канал



Північно-Кримський канал



Олександрівський канал



Сірогозький канал



Рисунок 1.4 – Штучні водні об'єкти Херсонської області

<http://vodgosp.kherson.ua/>

За даними Херсонського обласного управління водними ресурсами <http://vodgosp.kherson.ua/> в області налічується 426,8 тисяч гектарів зрошуваних земель, або 21,6 % від загальної площі сільгоспугідь, у тому числі від державних зрошувальних систем – 384,5 тис. га, місцевого зрошення – 42,3 тис. га.

Зрошувані землі використовуються для вирощування зернових, технічних, кормових та овочевих культур, садівництва та виноградарства.

На зрошенні вирощується зерно близько 30%, овочів 95%, 60% кормів в кормових одиницях від загального виробництва в області, 100% рису.

Діючі зрошувальні системи (рис. 1.5) області укомплектовані в основному широкозахватною дощувальною технікою загальною кількістю – 3234 одиниць. З кожним роком кількість дощувальної техніки постійно зростає, зокрема імпоротної.



Рисунок 1.5 – Дощувальні машини і зрошувальні системи

Протягом останніх років в області розширюються площі краплинного зрошення, шляхом впровадження у виробництво новітніх технік поливу (з 6 тис. га у 2005 році до 31,4 тис. га у 2013 році). При краплинному зрошенні отримують високі врожаї овочевих культур, зокрема, томати, огірки – по 600-800ц/га, цибуля – по 650-900ц/га.

Однією з важливих умов надання послуг з водоподачі на зрошення є налагодження достовірного водообліку на водозабірних спорудах та в точках водовиділів водокористувачам.

Суббасейн Нижнього Дніпра [1] є одним з найбільш урбанізованих та індустріальних регіонів країни з інтенсивним веденням сільського господарства. Соціально-економічна структура суббасейну створює передумови до значного антропогенного навантаження, яке чинить вплив на екосистеми поверхневих вод. До основних чинників антропогенного навантаження відносяться: населення; численні підприємства різних галузей економіки України; сільське господарство; гідроенергетика, урбанізація, судноплавство, сільське господарство, добування піску та ін. негативно впливають на морфологію річок.

2 ОСОБЛИВОСТІ ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЧОК СУББАСЕЙНУ НИЖНЬОГО ДНІПРА

2.1 Гідрографічна мережа та гідрологічна вивченість

У відношенні гідрографії розглянутий район знаходиться в нижній течії Дніпра, де річки стікають з боку Середньоросійської височини, течуть по Придніпровській низовині. Поверхня заплав сильно порізана протоками, озерами, наповнюються навесні і всихають влітку. Складена територія суперпісчаними ґрунтами, нерідко зустрічаються ділянки, порослі лозою. Місцями заплава поросла луговий рослинністю і чагарником. Уздовж лівого схилу тягнеться смуга луки. Створення каскадних великих водосховищ на Дніпрі ліквідувало можливість повеней так як значна частина талих вод акумулюється водосховищами [2].

Стік Дніпра повністю зарегульований каскадом водосховищ. Їх корисні ємності дозволяють здійснювати добове, тижневе та глибоке сезонне (річне) регулювання стоку. В результаті внутрішньорічний розподіл стоку в пониззі Дніпра суттєво змінився.

Житлово-комунальне та сільське господарства, промисловість, гідроенергетика є головними чинниками, що негативно впливають на гідрологічний режим річок суббасейну. Це проявляється в заборах води, регулюванні стоку (ставки та водосховища) та коливаннях рівнів води в нижніх б'єфах ГЕС.

Зменшення природного стоку (особливо в умовах глобального потепління та природної маловодності), зменшення швидкостей течії та утворення великої кількості застійних зон сприяє процесам евтрофікації, погіршують якість води і, як наслідок, призводять до погіршення біорізноманіття та деградації водних екосистем.

У верхів'ях річок Самара і Вовча річкова мережа розвинена слабо-менш 0,2-0,3 км/км². Тоді як на більшій частині цієї території густота річкової мережі становить 0,2-0,3 км/км².

Річки суббасейну Нижнього Дніпра являють собою типові рівнинні водотоки з весняним водопіллям. Русло річки нерозгалужене, досить звивисте. Дно мулисто-піщане. Береги низькі, круті і обривисті, подекуди порослі чагарником. Іноді річка сильно міліє і навіть пересихає, перетворюючись в роз'єднані плеса. Перебіг річки спокійне, як і більшості річок даної території.

Для аналізу формування стоку річок протягом року та по сезонах використані дані часових спостережень по 17 гідрологічних постах (рис.2.1), по яких є дані спостережень за стоком по 2015 рік, включно.



Рисунок 2.1 – Схема розміщення гідрологічних постів в басейні Нижнього Дніпра

2.2 Загальна характеристика водного режиму річок

Кліматичними, гідрографічними, орографічними особливості території визначають характерний водний режим. Річки досліджуваної території суббасейну Нижнього Дніпра характеризується досить вираженими весняними повенями і літньо-осінньою та зимовою меженнями, які порушується дощовими паводками і відлигами [2].

За типом живлення річок досліджувані річки мають змішаний тип живлення, де в залежності від водності року співвідношення снігового та дощового живлення змінюються і відповідно стік весняної повені може складати в багатоводні роки 70 – 80% річного стоку, в середньо водні роки – 60 – 70%, а маловодні – 50 - 60%.

За режимом річок суббасейн відноситься до Нижньодніпровський гідрологічного району [2].

Літні дощові паводки звичайно мало інтенсивні та продовжуються 10 – 20 днів. Високі рівні відмічаються у період весняного водопілля (лютий-квітень) та паводків (літо-осінь), а коливання низьких рівнів залежить не тільки від водності року, але й в значній степені від впливу ГЕС та водосховищ.

Мінливість стоку головних річок приводить до того, що в багатоводні роки водні ресурси в 1,5-2 рази більші, а в маловодні в 2 рази менші, ніж у середні по водності роки [2].

Для зимової межені характерна менша водність річок. Величина модуля мінімального стоку також зменшується з півночі на південь. Шар стоку зимової межені на річках суббасейну Нижнього Дніпра дорівнює нулю, тобто вони перемерзають. Це пояснюється тим, що на території тріщиної частини Українського кристалічного щита та на півдні Дніпровсько - Донецької западини річками відкриваються менш водоносні горизонти.

Крім фізико-географічного положення та гідрологічних умов на формування льодово-термічного режиму має великий вплив морфометричні особливості русел, водоносність рік, а також діяльність людей. Таким чином,

виділяються ділянки річок з природнім або близьким до природного льодово-термічним режиму та ділянки річок з порушеним льодово-термічним режимом.

Для прикладу, на рис. 2.2 приведені гідрографи стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра.

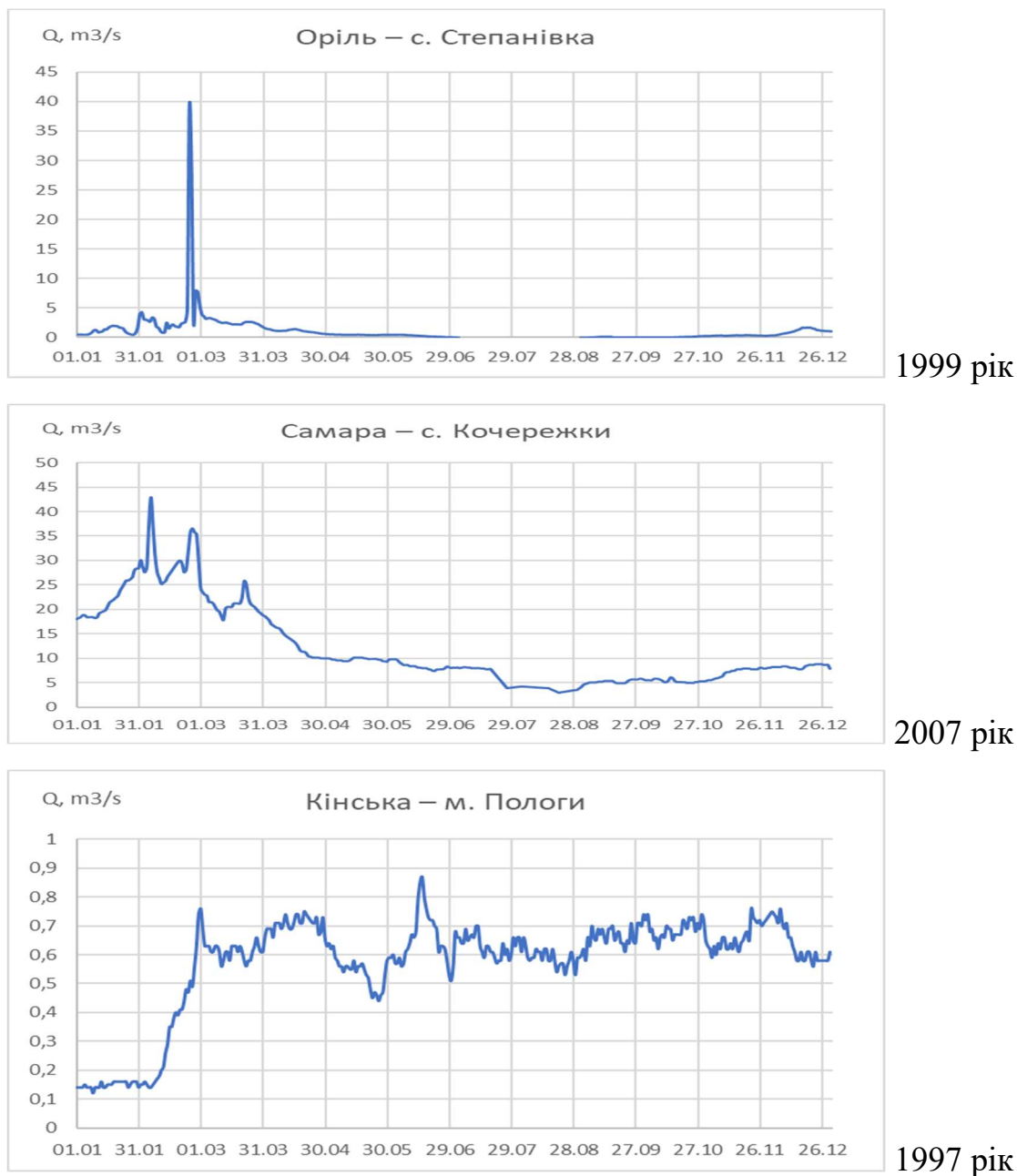


Рисунок 2.2 – Гідрографи стоку деяких річок суббасейну Нижнього Дніпра за близькі до середнього роки водності

Так, для р. Орель – с. Степанівка, 1999 рік був близький за водністю до середньобогаторічного значення стоку. Гідрограф має чітку хвилю у період

весняного водопілля, коли сформувалося більше 60 % річного стоку та період з 05.07 по 31.08, коли річка пересохла, тобто стоку не було.

Гідрограф стоку р. Самара – с. Кочережки має також чітку хвилю підйому під час весняного водопілля та ще два пікі весняні за рахунок випадання дощів. Потім стік поступово зменшувався та можна відмітити літньо-осінню межень у серпні-вересні.

Стік на водозборі р. Кінськи – м. Пологи зарегульований, а тому відображає попуски з Жданівського водосховища.

Річки суббасейну Нижнього Дніпра являють собою типові рівнинні водотоки з весняним водопіллям. Русло річки нерозгалужене, досить звивисте. Дно мулистопіщане. Береги низькі, круті і обривисті, подекуди порослі чагарником. Іноді річка сильно міліє і навіть пересихає, перетворюючись в роз'єднані плеса. Перебіг річки спокійне, як і більшості річок даної території.

Для аналізу формування стоку річок протягом року та по сезонах використані дані часових спостережень по 17 гідрологічних постах (рис.2.1), рівномірно розташованих по території.

Сезонний розподіл стоку за календарним роком має наступний характер для досліджуваної території. Найбільша частка стоку формується у весняний період і складає 34,8-63,3 % річного стоку, зимовий стік складає від 20,0 % до 36,6 % річного стоку, тоді як у останні періоди водність річок формує від 6,9 % до 19,9 % осіннього стоку та від 5,6 % до 18,2 % літнього.

Водний режим визначається кліматичними, гідрографічними, орографічними і гідрографічними особливостями території і характеризується досить вираженими весняними повенями і літньою осінньою та зимовою меженнями, що порушується дощовими паводками і відлигами.

Характер водного режиму річки річок в значній степені визначається особливостями повені, його тривалістю та льодовою участю талих вод в річному стоці, що в свою чергу обумовлюється типом живлення річок.

Співвідношення снігового та дощового живлення має різні значення в залежності від водності роки, так стік весняної повені в багатоводні роки складає 70 – 80% річного стоку, в середньо водні роки – 60 – 70%, а маловодні – 50 - 60%.

За режимом річок суббасейн відноситься до Нижньодніпровський гідрологічного району [2].

Річки цього району характеризуються високим весняним водопіллям та низькою літньою межею. Водопілля проходить з початку – середини березня в кінці квітня – середині травня. Літні дощові паводки звичайно мало інтенсивні та продовжуються 10 – 20 днів. Коливання низьких рівнів залежить не тільки від водності року, але й в значній степені від впливу ГЕС та водосховищ.

В період літньо-осінньої межені на ріках спостерігається підвищення рівня води внаслідок підпору водної рослинності в період відкритого русла та льодових утворень в зимовій час.

Мінливість стоку головних річок приводить до того, що в багатоводні роки водні ресурси в 1,5-2 рази більші, а в маловодні в 2 рази менші, ніж у середні по водності роки [2].

В останні роки майже кожен рік відчувається недостача прісної води.

Для зимової межені характерна менша водність річок. Величина модуля мінімального стоку також зменшується з півночі на південь. Шар стоку зимової межені на річках суббасейну Нижнього Дніпра дорівнює нулю, тобто вони перемерзають. Це пояснюється тим, що на території тріщиної частини Українського кристалічного щита та на півдні Дніпровсько - Донецької западини річками відкриваються менш водоносні горизонти.

Крім фізико-географічного положення та гідрологічних умов на формування льодово-термічного режиму має великий вплив морфометричні особливості русел, водоносність рік, а також діяльність людей. Таким чином, виділяються ділянки річок з природнім або близьким до природного льодово-термічним режиму та ділянки річок з порушеним льодово-термічним режимом.

3 ОЦІНКА ВЕЛИЧИНИ ТА МІНЛИВОСТІ РІЧНОГО СТОКУ РІЧОК СУББАСЕЙНУ НИЖНЬОГО ДНІПРА

Досліджувана територія розташована в межах степової зони України. За даними наведеними у РПВ СРСР [2], де ряди стоку узагальнені за матеріалами спостережень по 1966 рік, відмічають, що середньорічний модуль стоку р. Орель – смт Царичанка дорівнює $1,00 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$, р. Вовча – с. Іскра $\bar{q} = 0,68 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$, а р. Мокра Сура – смт Кринички $\bar{q} = 0,49 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$.

Тоді як річки, що беруть початок на Приазовській і Донецькій височинах, мають дещо більшу водність, так р. Вовча – х. Артемівський дорівнює $2,44 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$, р. Конка – м. Пологи – $1,67 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$,

Як відзначалось у розділі 2 для оцінки величини річного стоку за багаторічний період спостережень, використані дані до 17 гідрологічних постях. Багаторічний ряд спостережень, за яким визначається норма стоку, повинен включати не менше двох повних циклів коливань водності. Цикли водності складаються з двох фаз – багатоводної та маловодної [4].

Так в залежності від наявності інформації про режим стоку річки, норма річного стоку обчислюється [5]:

- 1) за даними безпосередніх спостережень за стоком річки за тривалий період;
- 2) шляхом приведення середньої величини стоку за короткий період спостережень, до багаторічної норми по довгому ряду річки аналога;
- 3) при відсутності спостережень – на підставі характеристик норми річного стоку, отриманих в результаті узагальнення спостережень на інших річках даного району.

Вибір розрахункового періоду виконується в залежності від водності, використовуючи побудовані різницево-інтегральні криві відхилень річних величин стоку від середнього його значення за весь період спостережень.

3.1 Циклічність у коливаннях річного стоку

Циклічність коливань річного стоку тієї чи іншої річки можна досліджувати за хронологічними графіками [4].

Однак ці календарні графіки зміни річних величин стоку не завжди дають достатньо повне уявлення про циклічні коливання стоку, внаслідок наявності малих циклів на загальному фоні багаторічних коливань водності річки.

Наявність достатньо суттєвих випадкових коливань річного стоку заважає виявленню закономірностей їх часового ходу, які виражені у формі довготривалих циклів зміни річного стоку [4].

Для виявлення таких циклів застосовуються засоби згладжування або фільтрації.

Згладжування хронологічних рядів методом ковзного осереднення.

Ковзне згладжування коливань річного стоку визначають за формулою:

$$\tilde{q}_i = \frac{1}{T} \sum_{k=-\frac{T-1}{2}}^{\frac{T-1}{2}} q_{i+k}, \quad (3.1)$$

де T – інтервал осереднення (частіше за усе з практичною метою він дорівнює 3 – згладжування за трьох-річками або 5 – згладжування за п'яти-річками).

Лінійне згладжування хронологічних графіків за трьох-річками виконується за виразами (3.2)

Якщо після першого етапу суттєвого згладжування не відбулося, то можна виконати повторне згладжування тим же багаточленом.

Недоліком методу лінійного фільтру є те, що згладжений член ряду має той же ваговий коефіцієнт, що й сусідні елементи. В результаті може статися зміщення меж переходу з однієї фази водності до іншої, особливо при великих T . Зараз є велика кількість інших методів математичних фільтрів, за допомогою яких

виявляють періодичні складові в коливальних рядах. Серед них є не тільки лінійні, але й нелінійні фільтри. Прикладом нелінійного фільтру є біноміальний, який достатньо добре описаний у підручнику «Статистические методы в гидрологии» А.В.Рожественського та А.Х.Чеботарьова [6]. Досить часто в практиці розрахунків використовуються різницеві інтегральні криві.

$$\begin{aligned}
 \widetilde{q}_1 &= \frac{1}{6}(5q_1 + 2q_2 - q_3) \\
 \widetilde{q}_2 &= \frac{1}{3}(q_1 + q_2 + q_3) \\
 \widetilde{q}_3 &= \frac{1}{3}(q_2 + q_3 + q_4) \\
 &\vdots \\
 \widetilde{q}_{n-1} &= \frac{1}{3}(q_{n-2} + q_{n-1} + q_n) \\
 \widetilde{q}_1 &= \frac{1}{6}(5q_n + 2q_{n-1} - q_{n-2}).
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Лінійне згладжування хронологічних графіків за п'яти-річками:

$$\begin{aligned}
 \widetilde{q}_1 &= \frac{1}{5}(3q_1 + 2q_2 + q_3 - q_5) \\
 \widetilde{q}_2 &= \frac{1}{10}(4q_1 + 3q_2 + 2q_3 + q_4) \\
 \widetilde{q}_3 &= \frac{1}{5}(q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5) \\
 &\vdots \\
 \widetilde{q}_{n-1} &= \frac{1}{5}(q_{n-4} + q_{n-3} + q_{n-2} + q_{n-1} + q_n) \\
 \widetilde{q}_n &= \frac{1}{10}(4q_n + 3q_{n-1} + 2q_{n-2} + q_{n-3}).
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

Модульні коефіцієнти будуються у відносних величинах у вигляді різницево-інтегральних кривих відхилень річних величин стоку від його середнього значення. Для побудування таких кривих послідовно сумують відхилення модульних коефіцієнтів хронологічного ряду від їх середнього багаторічного значення, який дорівнює одиниці.

Поточні ординати різницевої інтегральної кривої на кінець 1-го року від початку побудування кривої визначають за рівнянням:

$$\sum_{i=1}^t (K_i - 1) = f(t), \quad (3.4)$$

де K_i – модульний коефіцієнт.

При побудуванні різницевої інтегральної кривої розраховують наростаючу суму відхилень з урахуванням знаку.

Різницева інтегральна крива має ту властивість, що тангенс кута а прямої, яка поєднує дві точки інтегральної кривої із віссю абсцис, характеризує середню величину підінтегральної функції за період m років, тобто:

$$tg\alpha = (K_i - 1)_{сер} = \frac{l_k - l_n}{m}, \quad (3.5)$$

де l_k , l_n – відповідно кінцева та початкова ординати інтегральної кривої для періоду часу, який розглядається;

m – число років у періоді часу.

Період часу, для якого об'єднуюча пряма лінія інтегральної кривої відхиляється вгору відносно осі абсцис та значення $(K_i - 1)_{сер}$ позитивне, відповідає багатоводній фазі коливань стоку. Період для якого об'єднуюча лінія нахилена вниз та $(K_i - 1)_{сер}$ має від'ємне значення, відповідає маловодній фазі [4], [5].

Результати розрахунку ординат різницево-інтегральних кривих наведені на рис. 3.1 для річок суббасейну Нижнього Дніпра за багаторічний період спостережень.

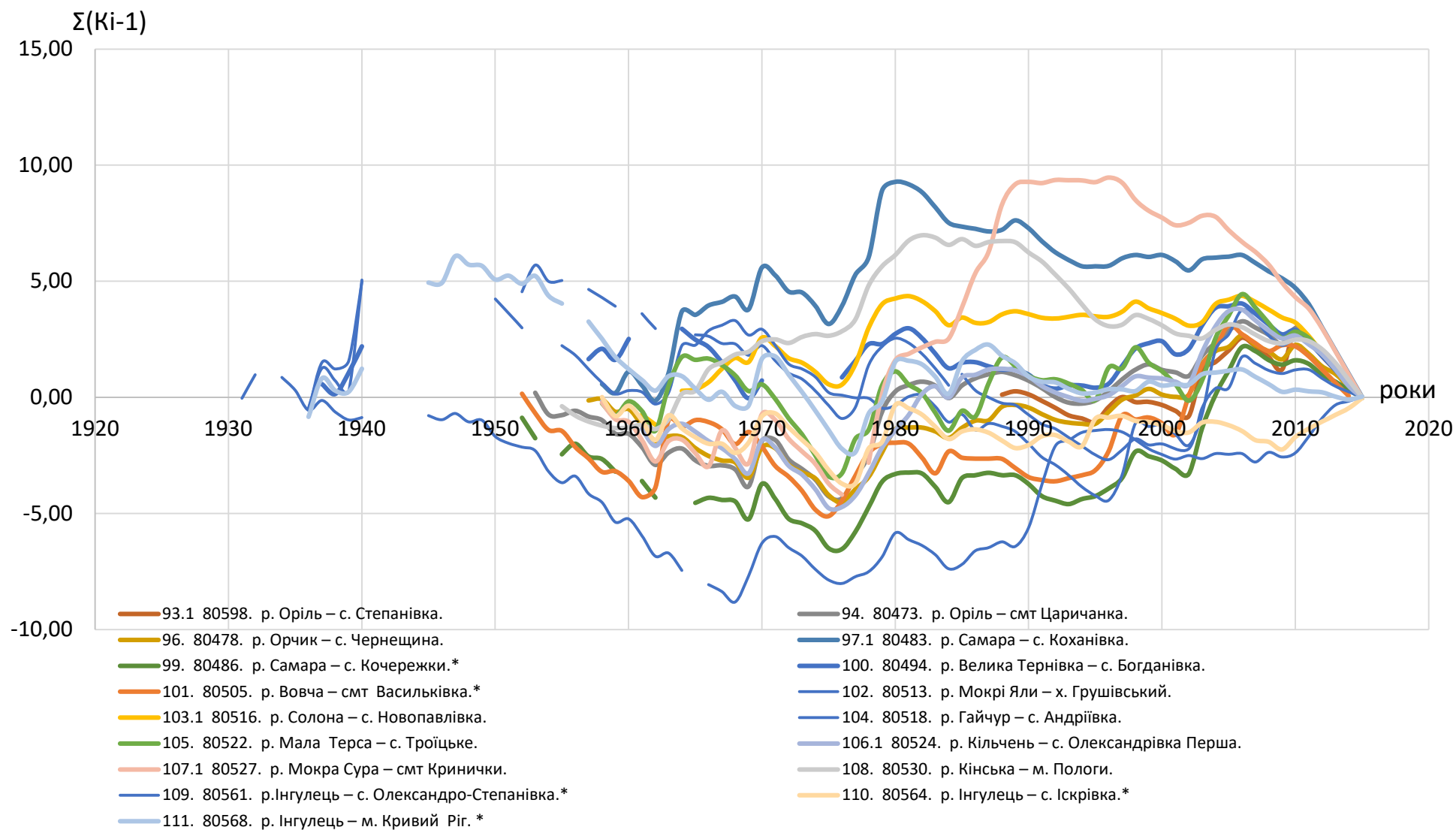


Рисунок 3.1 – Різницево-інтегральні криві модулів середньорічного стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра

Аналіз графіку показав, що всі розглянуті водозбори мають повні цикли водності. На 15 із 17 водозборах в останні роки спостерігається маловодна фаза, яка на більшості річок почалась з 2006 року, на річках Мокра Сура і Кінська з 1989 року, на р. Самара – с. Коханівка з 1980 р., тоді як на водозборах р. Інгулець можна відмітити багатоводну фазу з 2009 р, напевно обумовлений антропогенним впливом, а саме зарегульованість стоку на річці.

Для всіх постів спостерігаються цикли водності, які включають маловодні та багатоводні фази. Річки розташовані в однакових кліматичних умовах та у схожих умовах формування стоку, проте можна відмітити наявні розбіжності у фазах водності та асинхронність стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра.

3.2 Розрахунки статистичних параметрів річного стоку при достатньої кількості матеріалів спостережень за стоком

Визначення розрахункових гідрологічних характеристик при наявності даних гідрометеорологічних спостережень достатньої тривалості відбувається шляхом застосування аналітичних функцій розподілу щорічних ймовірностей перевищення заданих величин стоку [4]. Норма річного стоку при тривалому періоді спостережень (N років) визначається як середньоарифметичне значення річних величин стоку

$$\bar{q}_N = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_{n-1} + q_n}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N q_i}{N}, \quad (3.6)$$

де $q_1, q_2, \dots, q_n$ – середньорічні величини стоку; N - кількість років спостережень.

Для оцінки точності визначення норми стоку річок використовують відносне значення середньої квадратичної похибки. Так, якщо виразити σ_{q_n} у відсотках від $\bar{q}_n$, то отримаємо відносну середню квадратичну похибку норми стоку, яка розрахована за обмеженим рядом спостережень n років:

$$\sigma_n = \pm \frac{\sigma_q}{\bar{q}_n \sqrt{n}} \cdot 100\% = \pm \frac{100C_v}{\sqrt{n}}\%, \quad (3.7)$$

де $C_v = \frac{\sigma_q}{\bar{q}_n}$ – коефіцієнт варіації коефіцієнт варіації річних величин стоку за n років спостережень, прийнятих для визначення норми стоку

Коефіцієнт варіації рекомендується визначати за методом моментів:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (3.8)$$

де $K_i = \frac{q_i}{\bar{q}_n}$ – модульний коефіцієнт.

Стандартна похибка коефіцієнта варіації σ_{C_v} обчислюється за формулою:

$$\sigma_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} 100\%. \quad (3.9)$$

Випадкові середні квадратичні помилки вибірових середніх визначаються за наближеною залежністю:

$$\sigma_{\bar{q}} = \frac{\sigma_q}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1 + r_1}{1 - r_1}}, \quad (3.10)$$

яка застосовується при коефіцієнтах автокореляції між суміжними членами ряду ($r_1 \leq 0.5$).

При коефіцієнтах автокореляції ($r_1 \geq 0.5$) використовується формула:

$$\sigma_{\bar{q}} = \frac{\sigma_q}{\sqrt{n}} = \sqrt{1 + \frac{2}{n} \cdot \frac{r_1}{1 - r_1} \cdot n \cdot \frac{1 - r_1^n}{1 - r_1}}, \quad (3.11)$$

де r_1 – коефіцієнт кореляції між суміжними величинами стоку.

У свою чергу r_1 розраховується за формулою:

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (q_i - \bar{q}_1) \cdot (q_{i+1} - \bar{q}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (q_i - \bar{q}_1)^2 \cdot \sum_{i=2}^n (q_i - \bar{q}_2)^2}}, \quad (3.12)$$

$$\text{де } \bar{q}_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{q_i}{n-1}; \quad \bar{q}_2 = \sum_{i=2}^n \frac{q_i}{n-1}$$

Розрахункові значення норма річного стоку, що визначені як його середнє значення за такою тривалістю спостережень, при якій воно є достатньо стійким для практичних розрахунків, тобто з похибкою не більше 5% (для зони достатнього зволоження), або 10% (для зони недостатнього зволоження), та з похибкою коефіцієнта варіації $\sigma_{CV} < 15\%$ [5].

Водозбори річок суббасейну Нижнього Дніпра розташовані у степовій зоні України, тобто зоні недостатньої зволоженості, відповідно допустима похибка для визначення норми стоку складає 10 %, при цьому коефіцієнтів варіації 15 %.

Результати оцінки статистичних параметрів за методом моментів та найбільшої правдоподібності розрахованих по 17 досліджуваних водозборах річок суббасейну Нижнього Дніпра приведені у табл. 3.1.

Середній багаторічний модуль річного стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра змінюється від 0,42 л/(с км²) р. Мокрі Яли – х. Грушівський до 1,95 л/(с км²) р. Інгулець – с.Олександро-Степанівка. Діапазон коливання коефіцієнт варіації за методом моментів 0,435-0,874, а методом найбільшої правдоподібності відповідно – 0,441-0,901, а середнє співвідношення $C_v/C_s=2,5$.

Проте похибка вихідної інформації по 6 водозборах перевищує допустиму для визначення середнього модуля річного стоку $\pm 10\%$.

Таблиця 3.1 – Статистичні параметри часових рядів річного стоку на річках в басейні Нижнього Дніпра

№ за/п	Річка - пост	Площа водозбору, км ²	n, років	q _{ср} , л/(с·км ²)	Метод моментів				Метод найб. правдоподіб.			Похибка, σq%
					C _v	C _s	r(1)	C _s /C _v	C _v	C _s	C _s /C _v	
1	Оріль – с. Степанівка	627	28	1,65	0,647	1,789	0,097	2,8	0,663	2,443	3,7	12,5
2	Оріль – смт Царичанка	9100	63	1,27	0,577	1,154	0,333	2,0	0,582	1,278	2,2	7,3
3	Орчик – с. Чернещина	1310	59	1,66	0,48	0,87	0,309	1,8	0,484	0,944	2	6,3
4	Самара – с. Коханівка	1430	58	0,85	0,776	1,828	0,31	2,4	0,788	2,215	2,8	10,3
5	Самара – с. Кочережки	19800	61	0,73	0,629	1,196	0,365	1,9	0,636	1,335	2,1	8,1
6	Велика Тернівка – с. Богданівка	924	56	0,97	0,562	0,509	0,105	0,9	0,563	0,533	0,9	7,5
7	Вовча – смт Васильківка	11600	63	0,80	0,698	1,691	0,318	2,4	0,707	1,989	2,8	8,9
8	Мокрі Яли – х. Грушівський	2660	64	0,42	0,846	3,456	-0,029	4,1	0,894	4,835	5,4	11,2
9	Солона – с. Новопавлівка	680	55	1,57	0,507	1,236	0,428	2,4	0,516	1,442	2,8	7,0
10	Гайчур – с. Андріївка	2100	69	0,59	0,849	2,185	0,214	2,6	0,891	2,677	3	10,7
11	Мала Терса – с. Троїцьке	750	58	0,84	0,799	1,027	0,312	1,3	0,812	1,133	1,4	10,7
12	Кільчень – с. Олександрівка Перша	376	57	1,30	0,571	0,817	0,461	1,4	0,582	0,91	1,6	7,7
13	Мокра Сура – смт Кринички	389	57	0,73	0,874	1,424	0,473	1,6	0,901	1,688	1,9	11,9
14	Кінська – м. Пологи	353	62	1,52	0,435	0,849	0,644	2,0	0,441	0,938	2,1	5,6
15	Інгулець – с. Олександростепанівка	1400	79	1,95	0,562	0,996	0,439	1,8	0,569	1,084	1,9	6,4
16	Інгулець – с. Іскрівка	4410	58	1,12	0,53	1,091	0,14	2,1	0,530	1,174	2,2	7,0
17	Інгулець – м. Кривий Ріг	8600	76	0,87	0,707	1,667	0,25	2,4	0,713	1,905	2,7	8,2

3.3 Розрахунки статистичних параметрів річного стоку при недостатньої кількості матеріалів спостереження за стоком

Як було відзначено у п. 3.2 за результатами статистичного аналізу визначено, що по водозборах р. Оріль – с. Степанівка, р. Самара – с. Коханівка, р. Мокрі Яли – х. Грушівський, р. Гайчур – с. Андріївка, р. Мала Терса – с. Троїцьке та р. Мокра Сура – смт Кринички похибка перевищує допустиму і це свідчить про те, що ці ряди з недостатньою кількістю спостережень, тобто короткі, тому до них за рекомендаціями СНиП 2.01.14-83 [5] необхідно застосувати методи приведення норми стоку до багаторічного періоду.

Короткими вважають ряди, які не задовольняють принципу репрезентативності, тобто не мають повних циклів коливань водності, а середня квадратична похибка середнього значення ряду не перевищує $\pm 10\%$. Відповідно СНиП 2.01.14-83 у таких випадках виконується приведення статистичних параметрів розподілу до багаторічного періоду за допомогою річок-аналогів, які мають тривалі ряди спостережень за стоком і відповідають вимогам репрезентативності [5].

При виборі річки-аналога необхідно дотримуватись таких вимог:

- щоб розрахункова річка і річка-аналог знаходилися у безпосередній географічній близькості;
- схожості кліматичних умов;
- однорідності умов формування стоку;
- синхронності коливань річного стоку на досліджуваних водозборах;
- щоб площі водозборів не відрізнялися більше, ніж в 10 разів, а їх середні висоти (для гірських річок) - більше, чим на 300 м;
- щоб періоди спільних спостережень за стоком на досліджуваних річках були не менше ніж 10 років.

Об'єктивним критерієм правильності вибору річки-аналога є досить тісний зв'язок між характеристиками стоку за період спільних спостережень, який характеризується коефіцієнтом кореляції r (за умови $r \geq 0,7$).

За аналог можуть бути прийняті один або декілька пунктів, які відповідають вищенаведеним умовам для досліджуваної території.

Приведення статистичних параметрів річного стоку коротких рядів спостережень до багаторічного періоду графічним способом.

В основу метода [6] покладено графік зв'язку значень річного стоку розрахункової річки та річки-аналога за період спільних спостережень (не менше, ніж 10 років).

Залежність вважається задовільною, якщо відхилення точок від лінії зв'язку не перевищує $\pm 10\%$, а коефіцієнт кореляції між стоком досліджуваних річок не менше, ніж 0,7 [5].

Коефіцієнт кореляції r визначається за формулою:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (q_i - \bar{q})(q_i^a - \bar{q}^a)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 \sum_{i=1}^{n-1} (q_i^a - \bar{q}^a)}}, \quad (3.13)$$

де q_i, q_i^a - середньорічні модулі стоку за період спільних спостережень на досліджуваній річці та за річкою-аналогом;

$\bar{q}_i, \bar{q}_i^a$ - відповідно середні багаторічні модулі стоку;

n - число років спільних спостережень.

При прямолінійному зв'язку норма стоку короткого ряду визначається безпосередньо по графіку через норму стоку річки-аналога.

При наявності нелінійних зв'язків річного стоку, що обумовлено характером коливань стоку у двох створах, необхідно мати більш тривалий ряд спільних спостережень (більш, ніж 10-20 років). У цьому випадку графік зв'язку використовується для подовження ряду по роках з подальшим обчисленням норми по відновленому ряду.

Коефіцієнт варіації ряду, приведенного графічним способом, обчислюється за формулою:

$$C_v = A \frac{\bar{q}_n^a}{\bar{q}_n} c_v^a, \quad (3.14)$$

де $\bar{q}_n^a$, c_v^a - статистичні параметри річного стоку річки-аналога за багаторічний період;

$\bar{q}_n$, C_v - статистичні параметри приведенного ряду.

Співвідношення коефіцієнта асиметрії та варіації приймається за осередненими даними групи річок гідрологічного району, де розташована досліджувана річка, з тривалими рядами спостережень.

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

$$\sigma_{\bar{q}_n} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad (3.15)$$

де σ_1 , - похибка обчислення норми річного стоку річки-аналога, яка визначається за формулою (3.13);

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

$$\sigma_2 = \frac{C_v \sqrt{1 - r^2}}{\sqrt{n}}, \quad (3.16)$$

де C_v - коефіцієнт варіації річного стоку для розрахункового створу.

Приведення статистичних параметрів коротких рядів спостережень до багаторічного періоду графо-аналітичним методом.

Відповідно до графо-аналітичного методу статистичні параметри короткого ряду $\bar{q}_n$, C_v , C_s обчислюються через характерні ординати згладженої

кривої забезпеченості (5%, 50%, 95%) на підставі кореляційної залежності за спільний період спостережень.

Приведення виконується за схемою.

Значення річного стоку за багаторічний період спостережень по річці-аналогу розташовують в порядку убутання та визначають їх забезпеченість за формулою:

$$P = \frac{m}{N + 1} * 100\%, \quad (3.17)$$

де m - порядковий номер ранжованої вибірки;

N - довжина ряду.

На підставі цих даних на клітчатці імовірності будується емпірична крива забезпеченості річного стоку річки-аналога, яка згладжується. З неї знімають опорні ординати $q_{5\%}^a$, $q_{50\%}^a$, $q_{95\%}^a$.

Використовуючи графік залежності річних модулів стоку розрахункової річки та річки-аналога, знаходять відповідні ординати кривої забезпеченості досліджуваної річки $q_{5\%}^a$, $q_{50\%}^a$, $q_{95\%}^a$,

Статистичні параметри короткого ряду розраховують за відновленими ординатами.

Спочатку обчислюється коефіцієнт скошеності:

$$S = \frac{q_{5\%} + q_{50\%} - 2q_{95\%}}{q_{5\%} - q_{95\%}}. \quad (3.18)$$

За спеціальною таблицею відповідно S встановлюють коефіцієнт C_s .

Середньоквадратичне відхилення σ_p розраховується за формулою

$$\sigma_q = \frac{q_{5\%} - q_{95\%}}{\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}}, \quad (3.19)$$

де $\Phi_{5\%}$, $\Phi_{95\%}$ - ординати нормованої кривої біноміального розподілу, які визначаються в залежності від S по спеціальним таблицям.

Середньо багаторічне значення (норма) річного стоку обчислюється за рівнянням

$$\bar{q}_n = q_{50\%} - \sigma_p \Phi_{50\%}. \quad (3.20)$$

Коефіцієнт варіації C_v знаходиться через співвідношення тобто:

$$C_v = \frac{\sigma_q}{\bar{q}_n}. \quad (3.21)$$

Аналітичний спосіб приведення статистичних параметрів річного стоку.

Приведення норми річного стоку коротких рядів до багаторічного періоду виконується на підставі рівняння лінійної регресії [4]. При цьому необхідно мати на увазі, що:

- період спільних спостережень повинен бути не менше, ніж 10-15 років;
- коефіцієнт кореляції річного стоку досліджуваної річки та річки- аналога $r \geq 0.7$;
- відношення коефіцієнта регресії K до його середньоквадратичної похибки дорівнює $K/\sigma_k \geq 2.0$.

Коефіцієнт регресії обчислюється за формулою:

$$K = \frac{r \cdot \sigma}{\sigma^a}, \quad (3.22)$$

де σ та σ^a - середні квадратичні відхилення значень річного стоку дослідженої річки та аналога за спільний період спостережень Похибка коефіцієнта регресії дорівнює:

$$\sigma_k = \frac{\sigma}{\sigma^a} \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}. \quad (3.23)$$

Запишемо рівняння лінійної регресії для норми річного стоку:

$$\bar{q}_N = \bar{q}_n + r \frac{\sigma}{\sigma^a} (\bar{q}_N^a - \bar{q}_n^a), \quad (3.24)$$

де $\bar{q}_N$ та $\bar{q}_N^a$ – середні багаторічні значення (норми) модулів річного стоку досліджуваної річки та аналога;

$\bar{q}_n$ та $\bar{q}_n^a$ – відповідні середні значення стоку за період спільних спостережень.

Коефіцієнт кореляції розраховується за формулою (3.13).

Середньоквадратичні відхилення значення річного стоку σ та σ^a встановлюються за відповідними формулами:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n - 1}}, \quad (3.25)$$

$$\sigma^a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i^a - \bar{q}^a)^2}{n - 1}}. \quad (3.26)$$

Коефіцієнт варіації приведенного ряду дорівнює:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{q}_N} \sqrt{1 + r^2 \left(1 - \frac{\sigma^a}{\sigma_N^a} \right)}, \quad (3.27)$$

де σ_N^a - середньоквадратичне відхилення модулів річного стоку ряду-аналога за багаторічний період спостережень N років.

Середня квадратична похибка приведенного значення норми річного стоку оцінюється за формулою:

$$\sigma_{\bar{q}_N} = \frac{100\sigma}{\bar{q}_N \cdot \sqrt{n}} \sqrt{\frac{n}{N} + r^2 \left(1 - \frac{\sigma^a}{\sigma_N^a}\right)}, \quad (3.28)$$

Приведення ряду до багаторічного періоду методом коефіцієнтів.

Для розрахунку за цим методом [4] спочатку визначається коефіцієнт кореляції між значеннями короткого ряду та ряду аналога за період сумісних спостережень, за формулою (3.13). Якщо значення $r \geq 0.7$, то досліджується синхронність коливань стоку на двох постах. Для цього будуються хронологічні графіки коливань річного стоку. Якщо коливання синхронні, то можна записати

$$\frac{\bar{q}_N^a}{\bar{q}_n^a} = \frac{\bar{q}_N}{\bar{q}_n}, \quad (3.29)$$

де $\bar{q}_N^a$ та $\bar{q}_N$ - середнє багаторічне значення річного стоку (норма) річки-аналога та короткого ряду, відповідно, а $\bar{q}_n^a$ та $\bar{q}_n$ - середнє значення річного стоку річки-аналога та короткого ряду за період сумісних спостережень n .

Позначимо співвідношення $\frac{\bar{q}_N^a}{\bar{q}_n^a}$ як K_N тоді для досліджуваного короткого ряду можна визначити норму стоку за виразом.

$$\bar{q}_N = K_N \bar{q}_n. \quad (3.30)$$

При дослідженнях при виконанні кваліфікаційної роботи магістра використаний графічний метод для подовження коротких рядів. З (табл.3.1) видно, що необхідно довести до багаторічного періоду спостережень 6 рядів, щоб похибка середнього значення модуля стоку не перевищувала 10%, а похибка коефіцієнту варіації – не перевищувала 15%.

За сформованими таблицями за сумісний період спостережень були побудовані графіки зв'язку річок, з короткими рядами спостережень, та річок-аналогів, що наведені на рис. 3.2.

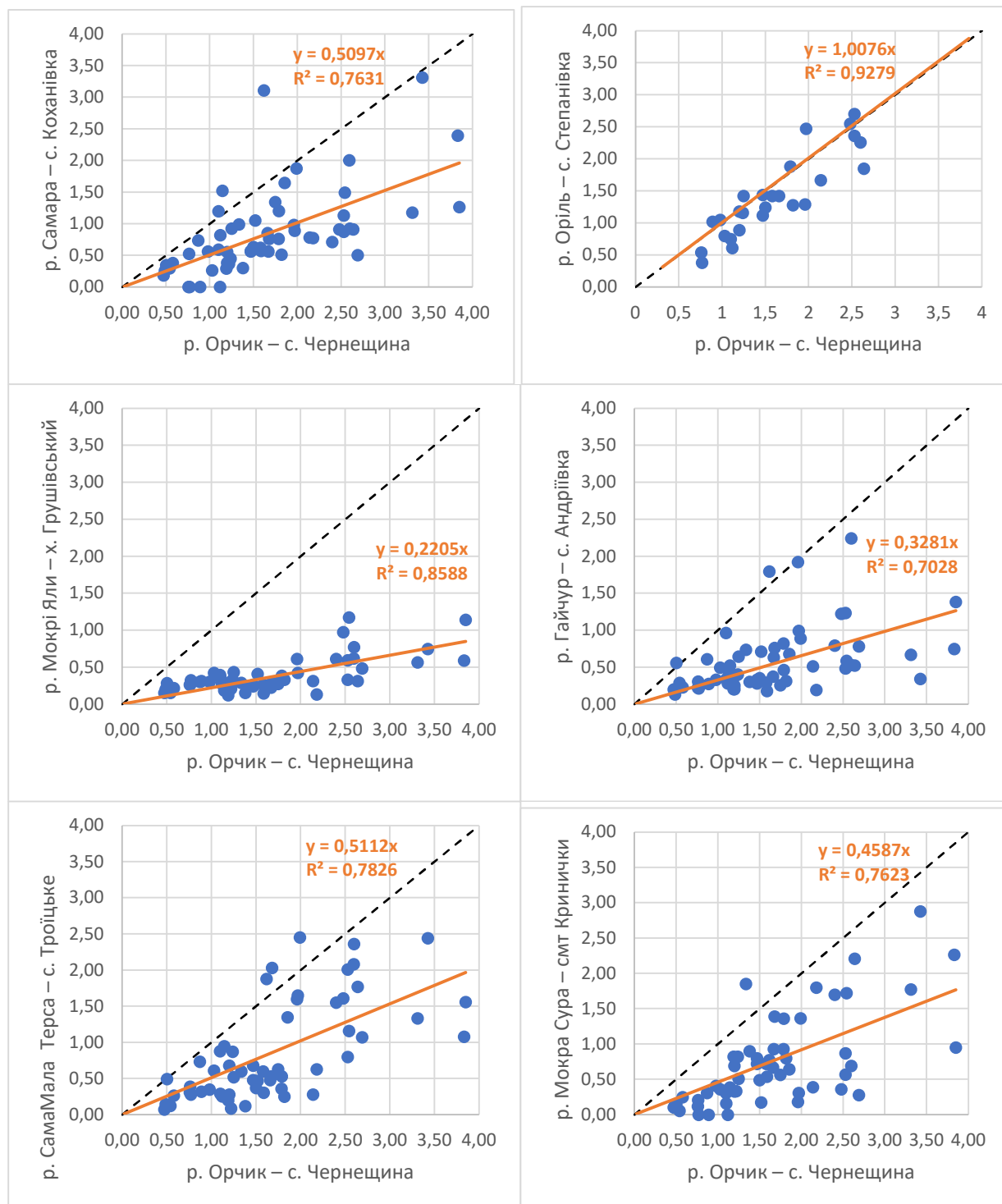


Рисунок 3.2 – Залежність середньорічних модулів стоку за період сумісних спостережень для річок суббасейну Нижнього Дніпра.

Побудовані залежності (рис. 3.2) мають високий коефіцієнт кореляції 0,83-0,96, що свідчить про добре підібрані річки-аналоги.

Середньорічні модулі стоку визначені за рівняннями зв'язку, що наведені на рис. 3.2, а коефіцієнти варіації за (3.14) і похибка норми річного стоку короткого ряду, приведенного до багаторічного періоду за (3.15).

Результати приведення параметрів річного стоку до багаторічного періоду зведені у табл. 3.2. Слід відмітити, що середній багаторічний модуль стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра змінюється від 0,37 л/(с·км²) (р. Мокрі Яли – х. Грушівський) до 1,95 л/(с·км²) (р. Інгулець – с. Олександрівка) при діапазоні коливань коефіцієнтів варіації 0,44-0,71, а середнє співвідношення $C_v/C_s=2,5$.

Після приведення статистичних характеристик досліджуваних часових рядів річного стоку до багаторічного періоду, стало можливим виконати просторово-часове узагальнення цих параметрів по території.

Середнє значення коефіцієнтів варіації становить 0,54 для річок суббасейну Нижнього Дніпра. Ця величина була перевірена на нормальність за допомогою критерію Гауса:

$$\sigma/\rho = \sqrt{\pi/2} \approx 1,25.$$

Для річок суббасейну Нижнього Дніпра $\sigma = 0,0797$, $\sigma = 0,0637$, $\sigma/\rho = 1,252$, що співпадає з теоретичним значенням критерію Гауса. Отже, є підстава для прийняття коефіцієнта варіації для суббасейну Нижнього Дніпра на рівні 0,54.

Оскільки в роботі розглядається питання пов'язане із визначення величини річного стоку для забезпечення водою потреб водокористувачів з метою зрошення територій, то були визначені модулі стоку для дуже маловодного року забезпеченістю 97 %.

Таблиця 3.2 - Статистичні параметри часових рядів річного стоку на річках в басейні Нижнього Дніпра приведені до багаторічного періоду

№ за/п	Річка - пост	Площа водозбору, км ²	n, років	Q _{ср} , л/(с·км ²)	Метод моментів				Метод найбіл. правдоподіб.			Похибка, σq%
					C _v	C _s	r(1)	C _s /C _v	C _v	C _s	C _s /C _v	
1	Оріль – с. Степанівка	627	28	1,68	0,65	1,79	0,097	2,8	0,48	2,44	3,7	9,1
2	Оріль – смт Царичанка	9100	63	1,27	0,58	1,15	0,333	2,0	0,58	1,28	2,2	7,3
3	Орчик – с. Чернещина	1310	59	1,66	0,48	0,87	0,309	1,8	0,48	0,94	2,0	6,3
4	Самара – с. Коханівка	1430	58	0,85	0,78	1,83	0,31	2,4	0,48	2,22	2,8	6,4
5	Самара – с. Кочережки	19800	61	0,73	0,63	1,20	0,365	1,9	0,64	1,34	2,1	8,1
6	Велика Тернівка – с. Богданівка	924	56	0,97	0,56	0,51	0,105	0,9	0,56	0,53	0,9	7,5
7	Вовча – смт Васильківка	11600	63	0,80	0,70	1,69	0,318	2,4	0,71	1,99	2,8	8,9
8	Мокрі Яли – х. Грушівський	2660	64	0,37	0,85	3,46	-0,029	4,1	0,51	4,84	5,4	6,7
9	Солона – с. Новопавлівка	680	55	1,57	0,51	1,24	0,428	2,4	0,52	1,44	2,8	7,0
10	Гайчур – с. Андріївка	2100	69	0,55	0,85	2,19	0,214	2,6	0,48	2,68	3,0	6,3
11	Мала Терса – с. Троїцьке	750	58	0,85	0,80	1,03	0,312	1,3	0,48	1,13	1,4	6,4
12	Кільчень – с. Олександрівка Перша	376	57	1,30	0,57	0,82	0,461	1,4	0,58	0,91	1,6	7,7
13	Мокра Сура – смт Кринички	389	57	0,76	0,87	1,42	0,473	1,6	0,48	1,69	1,9	6,4
14	Кінська – м. Пологи	353	62	1,52	0,44	0,85	0,644	2,0	0,44	0,94	2,1	5,6
15	Інгулець – с. Олександро-Степанівка	1400	79	1,95	0,56	1,00	0,439	1,8	0,57	1,08	1,9	6,4
16	Інгулець – с. Іскрівка	4410	58	1,12	0,53	1,09	0,14	2,1	0,53	1,17	2,2	7,0
17	Інгулець – м. Кривий Ріг	8600	76	0,87	0,71	1,67	0,25	2,4	0,71	1,91	2,7	8,2
										0,54	2,5	

Наочно розподіл середньорічних модулів стоку 97 %-ої забезпеченості наведено на рис. 3.3.

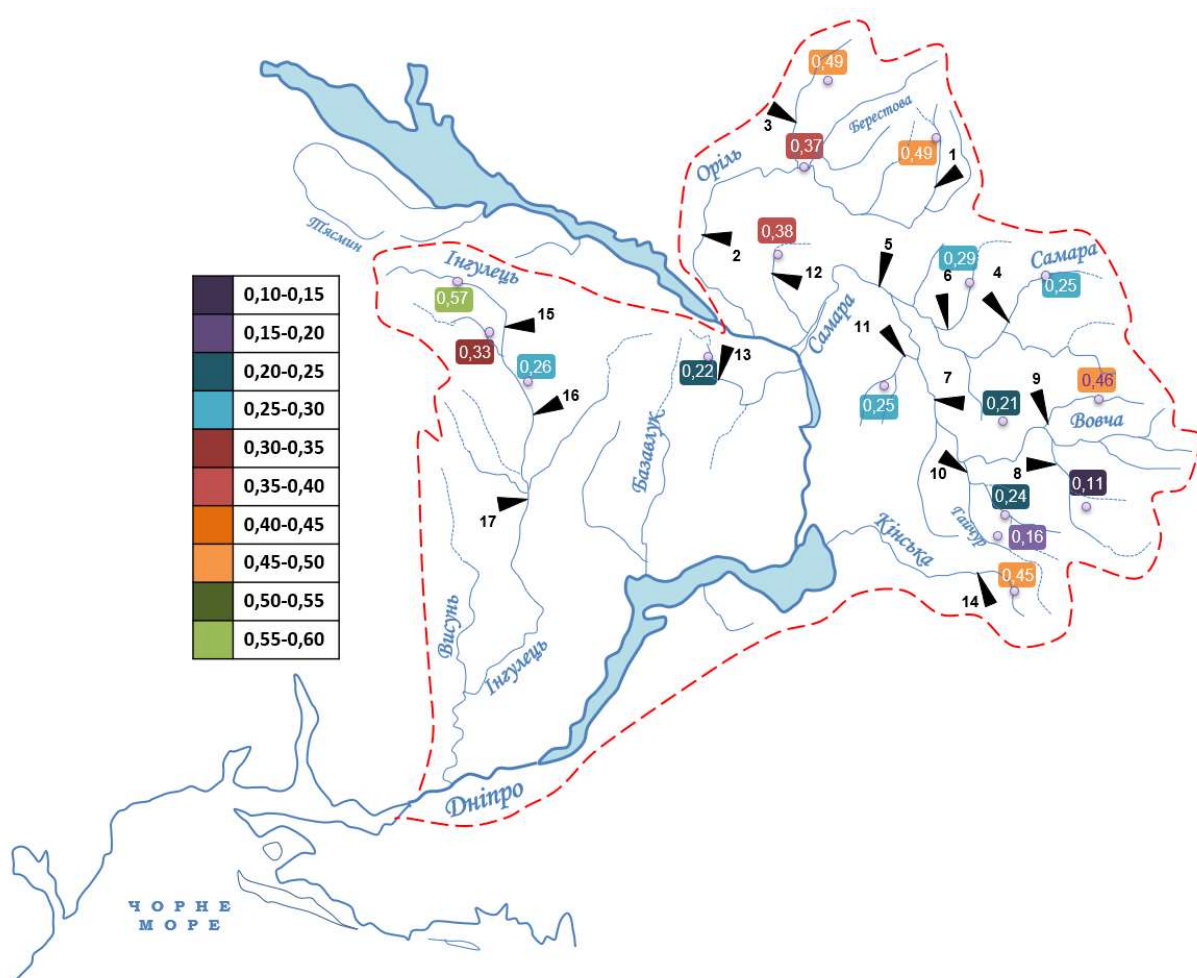


Рисунок 3.3 – Розподіл величини середньорічних модулів стоку 97% забезпеченості (дуже маловодний рік) на річках суббасейну Нижнього Дніпра

Слід відмітити, що в басейні р. Самара дуже нерівномірний розподіл стоку, бо модуль $q_{97\%}$ має значення від 0,11 л/(с·км²) (р. Мокрі Яли – х. Грушівський) до 0,46 л/(с·км²) (р. Солона – с. Новопавлівка).

На правобережній частині території Нижнього Дніпра також великий діапазон коливання від 0,22 л/(с·км²) (р. Мокра Сура – смт Кринички) до 0,57 л/(с·км²) (р. Інгулець – с. Олександро-Степанівка), при цьому майже третина території не охоплено спостереженням і має досить незначну річкову мережу.

4 ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ СТОКУ РІЧОК ПО СЕЗОНАХ В СУББАСЕЙНІ НИЖНЬОГО ДНІПРА

4.1 Загальна характеристика внутрішньорічного розподілу стоку

Річний стік протягом року розподіляється нерівномірно. Характер внутрішньорічного розподілу стоку залежить від кліматичних елементів, геоморфологічних особливостей басейну, гідрогеологічних умов та інших природних факторів. Найбільш чітко впливають кліматичні елементи (розподіл опадів і температура повітря) та гідрогеологічні умови. Крім того, можуть істотно впливати заходи, пов'язані з господарським використанням водних ресурсів.

Кліматичні фактори мають географічну зональність, що дає змогу розробляти класифікацію річок за внутрішньорічним розподілом стоку. На території України виділені за типовим внутрішньорічним розподілом стоку 16 районів, виходячи із умов формування і особливостей розподілу річного стоку по місяцях і сезонах [2].

На переважній частині України 8-15% опадів у вигляді снігу формують 40-80% річного стоку. Опади у вигляді дощу влітку майже не дають стоку, вони витрачаються на інфільтрацію в ґрунт та випаровування.

Більша частина річок України належить до річок переважно снігового живлення. У південній частині найбільші середні місячні витрати спостерігаються в лютому-березні. В Причорноморській низині часто досить незначний за об'ємом весняний стік може становить майже 100% річного стоку. Річки практично не мають підземного живлення і пересихають [2].

Гідрогеологічні умови визначають частку підземного живлення в загальному об'ємі стоку річок. На Волино-Подільській та Придніпровській височині, Донецькому кряжі підземні (ґрунтові) води становлять істотну долю стоку річок і тим самим сприяють рівномірному внутрішньорічному розподілу стоку.

На півдні України по довжині річки дуже зростають втрати води на інфільтрацію в алювіальні відклади та на випаровування, що не покриваються

стоком, і збільшення площі басейну зумовлює більш значну нерівномірність внутрішньорічного розподілу стоку і зростання тривалості періодів пересихання.

Загальне уявлення про зміни фаз водного режиму на протязі року дають типові графіки коливань витрат води. Типовим, або нормальним, вважають такий гідрограф, який відображує загальні риси гідрографів за ряд років і разом з тим звільнений від випадкових особливостей кожного року. При побудові типового гідрографа осереднюються за ряд років значення ординат (витрат) і абсцис (часу) характерних точок гідрографів окремих років (початок повені, настання максимуму, кінець повені тощо). За встановленими таким чином точками будують плавний гідрограф з таким розрахунком, щоб сумарний річний об'єм стоку, визначений за ним, дорівнював дійсному його значенню за багаторічний період [2].

Кількісна оцінка частки різних джерел живлення в стоці досліджуваної річки проводиться розчленуванням гідрографів. Розчленування гідрографів за джерелами живлення виконують з урахуванням особливостей режиму річки, умов надходження води від дощів, сніготанення та із підземних джерел.

По 17 досліджуваних водозборах суббасейну Нижнього Дніпра розраховані середні багаторічні значення середньомісячних витрат води у відсотках від річного (табл. 4.1, рис. 4.1).

В табл. 4.1 зведено розподіл стоку по місяцях у відсотках від річної суми. Найбільш повноводний місяць березень, коли формується від 15,8 % до 31,7 % річного стоку, у місяці межені з травня поточного місяця по січень наступного року формується від 1,0 до 9,7 % річного стоку.

Таблиця 4.1 – Середньомісячні витрати води на річках суббасейну Нижнього Дніпра (у % від суми річного стоку)

	Річка - пост	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
1	Оріль – с. Степанівка	6,8	14,3	26,0	20,7	5,2	3,5	3,1	1,3	2,0	4,1	6,5	6,5
2	Оріль – смт Царичанка	6,1	11,0	23,5	31,6	8,2	3,3	2,5	2,0	1,6	2,1	3,4	4,8
3	Орчик – с. Чернещина	6,8	13,4	27,9	20,9	5,5	4,0	2,8	1,8	1,9	3,6	5,4	6,0
4	Самара – с. Коханівка	8,2	16,2	25,6	14,9	5,3	3,2	2,5	1,6	5,5	6,5	5,1	5,6
5	Самара – с. Кочережки	8,2	15,9	24,9	19,7	6,1	4,2	3,6	2,4	2,3	2,8	4,2	5,7
6	Велика Тернівка – с. Богданівка	8,5	23,8	31,7	14,3	4,7	2,8	1,8	1,0	1,2	2,1	3,7	4,6
7	Вовча – смт Васильківка (ф Б)	9,0	17,2	27,1	13,3	6,0	5,6	4,2	2,4	2,2	2,8	4,2	6,0
8	Мокрі Яли – х. Грушівський	7,5	18,4	28,9	10,9	5,3	5,4	3,8	2,8	2,8	3,4	4,9	6,0
9	Солона – с. Новопавлівка	9,7	17,1	22,9	11,9	5,8	4,8	3,3	2,1	2,9	4,6	6,8	8,1
10	Гайчур – с. Андріївка	8,7	18,8	30,7	12,7	5,4	5,3	3,5	2,1	1,9	2,2	3,5	5,2
11	Мала Терса – с. Троїцьке	6,1	16,6	25,6	17,8	6,5	6,1	5,7	2,7	2,4	2,7	3,8	4,3
12	Кільчень – с. Олександрівка Перша	9,7	16,4	24,2	16,8	6,2	4,7	3,5	1,7	1,9	3,5	5,2	6,4
13	Мокра Сура – смт Кринички	7,8	13,3	28,3	8,1	3,6	3,9	4,8	5,7	7,2	6,6	6,0	4,5
14	Кінська – м. Пологи	8,3	12,7	15,8	11,0	8,0	7,8	5,8	4,5	5,2	6,6	7,1	7,2
15	Інгулець – с. Олександро- Степанівка	4,9	11,2	25,6	18,3	10,6	5,8	6,1	4,2	3,0	2,9	3,4	3,8
16	Інгулець – с. Іскрівка	7,2	12,5	25,0	16,7	8,6	6,5	5,3	3,5	2,6	3,6	4,0	4,6
17	Інгулець – м. Кривий Ріг (ф Б)	5,8	14,5	31,1	18,0	5,0	4,7	4,3	2,8	2,5	2,4	3,9	5,1

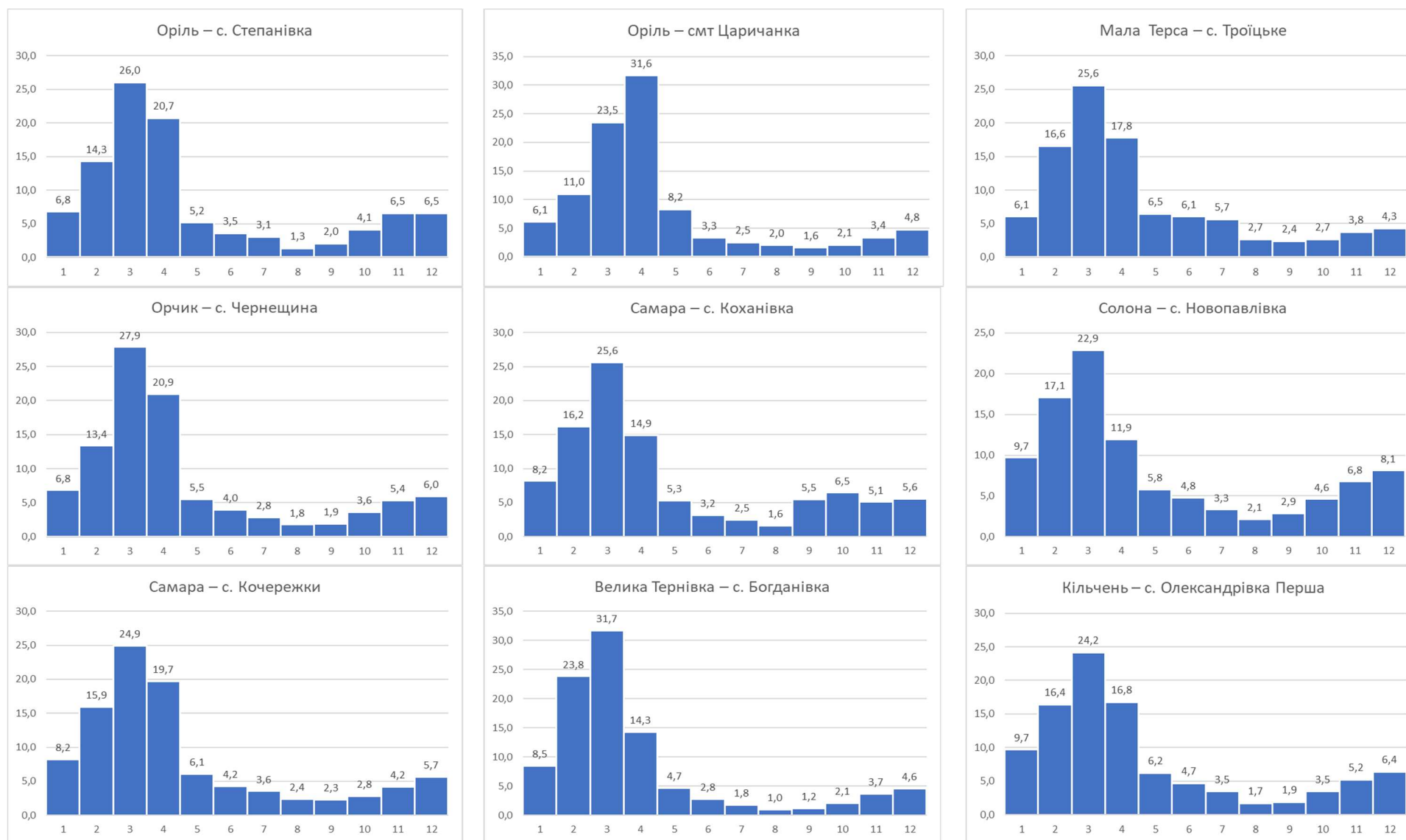


Рисунок 4.1 – Внутрішньорічний розподіл стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра (аркуш 1)

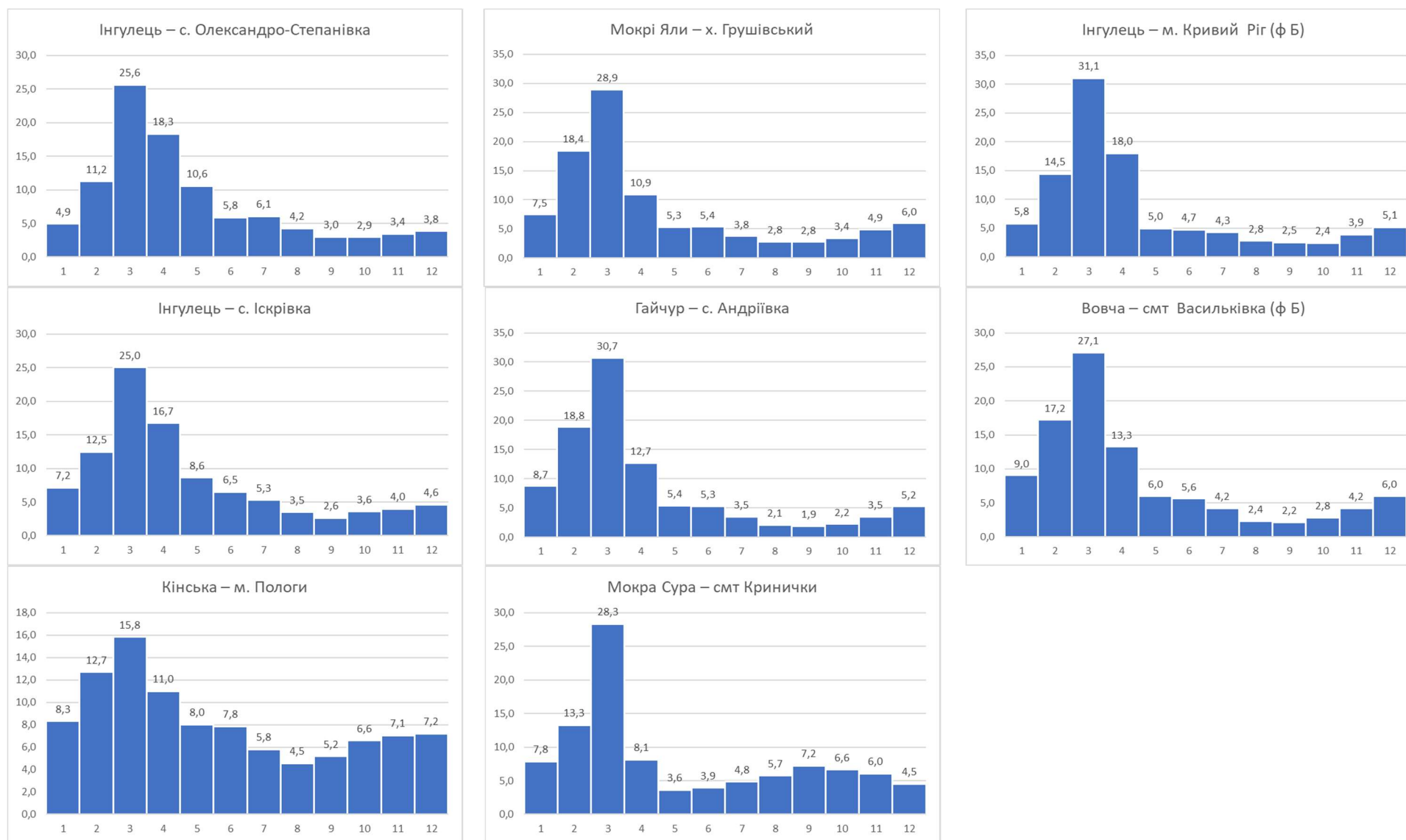
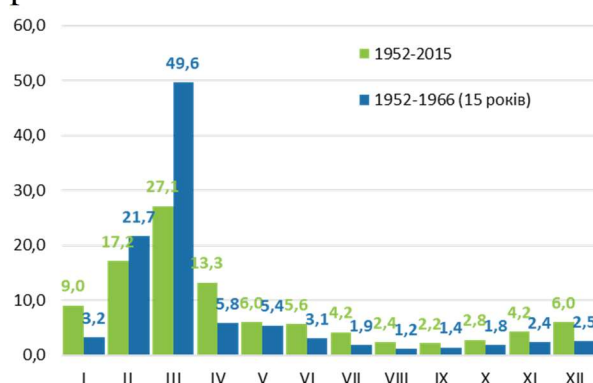


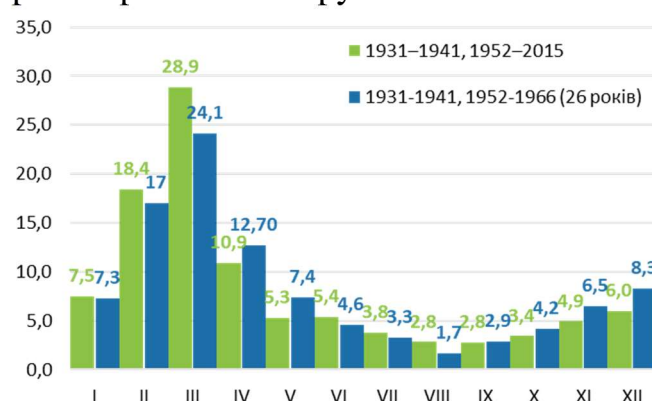
Рисунок 4.1 – Внутрішньорічний розподіл стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра (аркуш 2)

На рис. 4.2 представлено результати порівняння розподілу стоку за даними, наведеними у Ресурсах поверхневих вод СРСР [2] (дані по 1966 рік, тривалістю 15-26 років, позначені синім) і осереднені значення за період спостереження по 2015 рік (позначені зеленим).

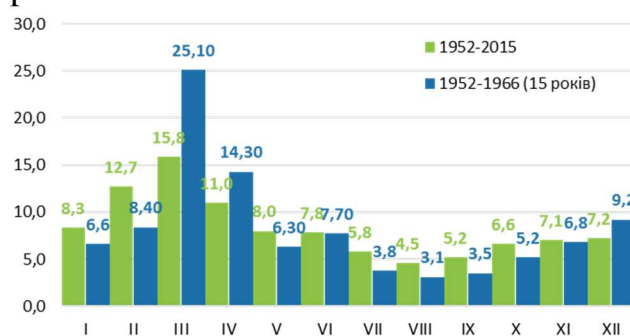
р. Вовча – смт Васильківка



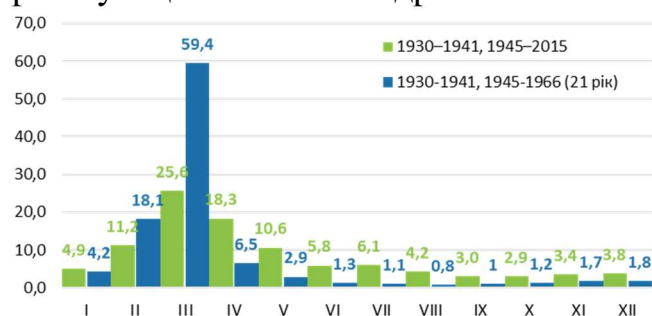
р. Мокрі Яли – х. Грушівський



р. Кінська – м. Пологи



р. Інгулець – с. Олександрівка



р. Гайчур – с. Андріївка (х.Белозірка)

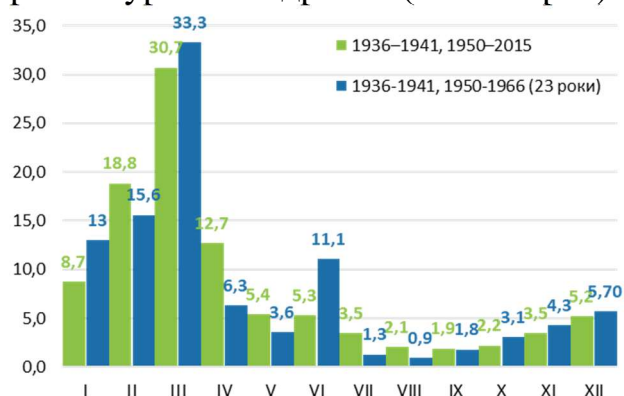
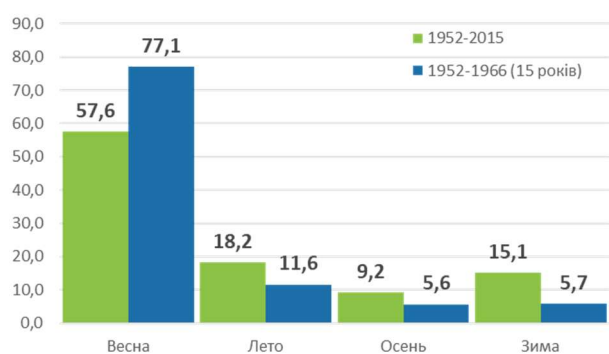
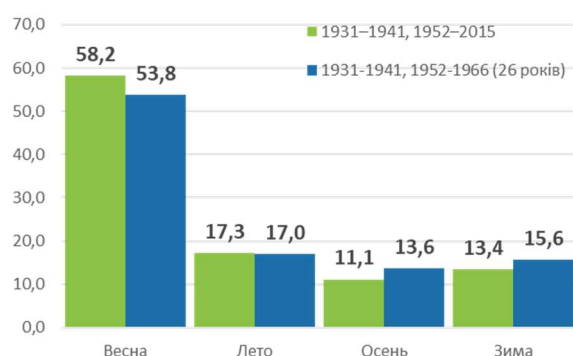


Рисунок 4.2 – Порівняльний розподіл внутрішньорічного стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра за матеріалами РПВ СРСР [2] та по рядах по 2015 рік (по місяцях)

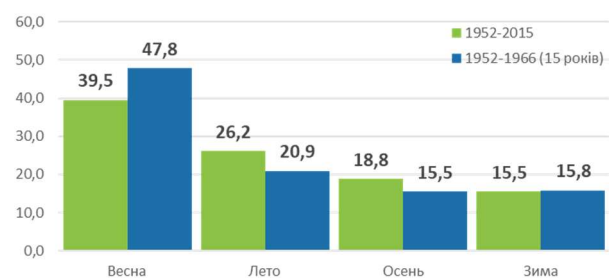
р. Вовча – смт Васильківка



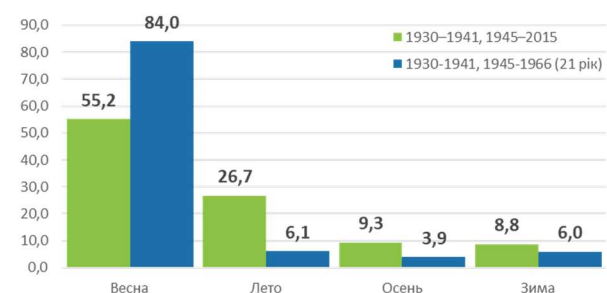
р. Мокрі Яли – х. Грушівський



р. Кінська – м. Пологи



р. Інгулець – с. Олександрівка



р. Гайчур – с. Андріївка (х.Белозірка)

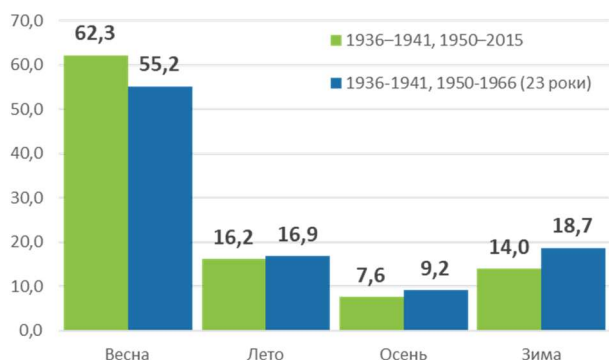


Рисунок 4.3 – Порівняльний розподіл внутрішньорічного стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра за матеріалами РПВ СРСР [2] та по рядах по 2015 рік (по сезонах)

Можна відмітити, що у весняний період у більшості випадків завищені у 1,5-2 рази, тобто на 10-30% за даними по 1966 рік, і занижені у меженний період, що вкрай важливо для потреб зрошення.

А на рис. 4.3 зведені результати порівняння вже по сезонах. Так наприклад за даними по 1966 рік на водозборі р. Інгулець весняний стік оцінюється як 84% від річного, відповідно на останню частину року лише 16 % на 9 місяців, що може суттєво не дозволити використання води для зрошення через дефіцит. А якщо опиратися на вибірку даних по 2015 рік, то на меженний період припадає 44,8% річного стоку, що сприяє задоволенню потреб більшості водокористувачів.

4.2 Розподіл стоку річок в залежності від водності років на річках суббасейну Нижнього Дніпра

Опираючись на багаторічні ряди спостережень визначені характерні роки, які за своєю середньорічною витратою води близькі за забезпеченістю до 25 % - для багатоводного, до 50 % - для середнього по водності, до 75 % - для маловодного та до 95 % - для дуже маловодного.

На рис. 4.4 представлено розрахунковий розподіл внутрішньорічного стоку за характерні роки водності на річках басейну Нижнього Дніпра [7].

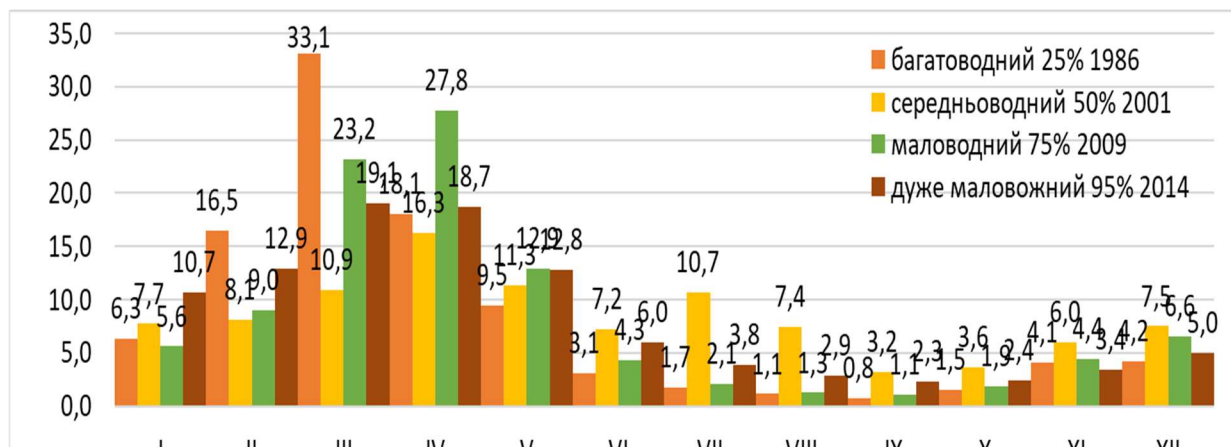
Слід відмітити, що в останні роки в регіоні почастішали випадки маловодних і дуже маловодних років, а тому зростає потреба у зрошенні сільськогосподарських земель.

Таким чином, стік за літо у маловодні і дуже маловодні роки складає лише 6,0-6,4 % від річного, при цьому ще й весняний стік менший на 26,7-29,8 % у порівнянні із середнім за водністю роки та на 27,7-53,6 % у порівнянні із багатоводними роками.

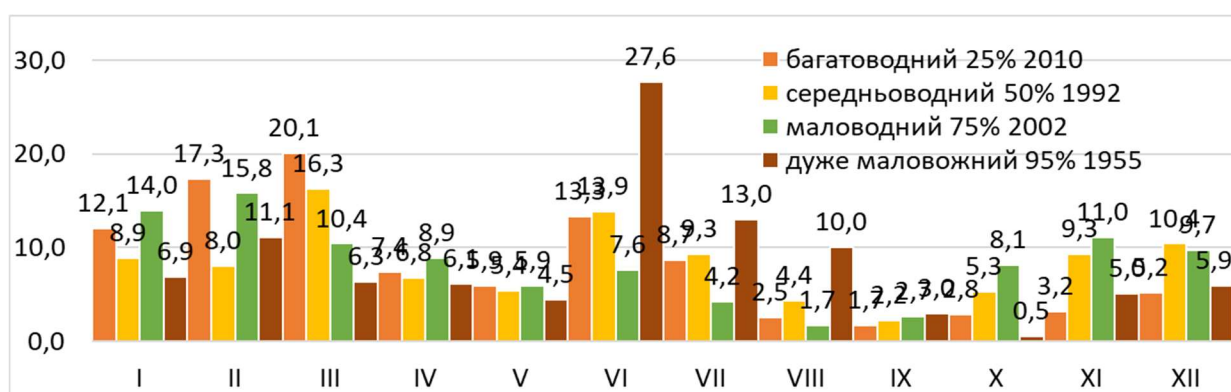
Нижнє Подніпров'є більшістю своєї площі розташовано у Херсонській області, де, за даними Херсонського обласного управління водними ресурсами <http://vodgosp.kherson.ua/>, налічується 426,8 тис. га зрошуваних земель.

Зрошувані землі використовуються для вирощування зернових, технічних, кормових та овочевих культур, садівництва та виноградарства.

р. Оріль – смт Царичанка, F = 9100 км²



р. Вовча – смт Васильківка, F = 11600 км²



р. Кінська – м. Пологи, F = 353 км²

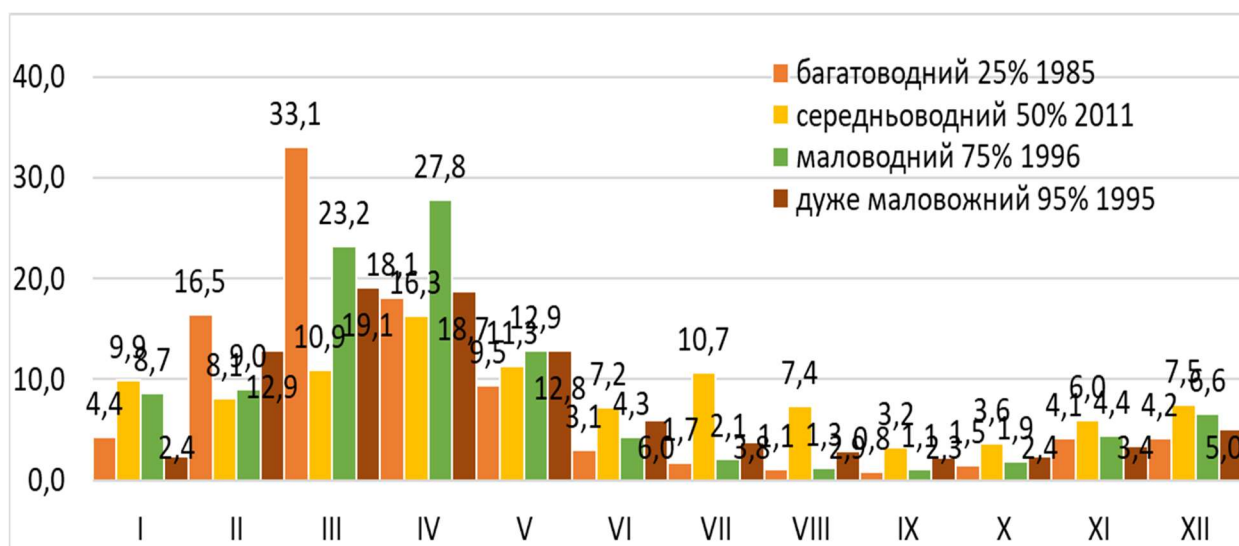


Рисунок 4.4 – Розподіл стоку річок по місяцях (у %) в залежності від водності років на річках басейну Нижнього Дніпра

4.3 Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку методом реального року

Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку при наявності даних спостережень проводять [4]:

- методом реального року;
- методом компановки сезонів.

Метод реального року. Суть цього методу полягає в тому, що із загальної кількості років, які прийняті для розрахунку, за розрахунковий беруть такий водогосподарський рік, в якого забезпеченість стоку за рік, лімітуючий період і лімітуючий сезон близькі до розрахункової забезпеченості.

Під водогосподарським роком розуміють такий рік, який починається з першого дня весняної повені або дощового паводка, якщо він набагато перевищує витрати весняної повені. Щоб вибрати такий рік із наявних років, потрібно сумарні величини річного стоку, а також сумарні величини за лімітуючий період і сезон, виписати в порядку зменшення і розрахувати їх забезпеченість. Потім за модель вибирають такий рік, стік якого у всіх випадках близький до розрахункового. Для таких років переходять від абсолютного розподілу стоку в середині року до відносного (у відсотках від сумарного за рік).

Визначивши відсотковий розподіл стоку, в році близькому до розрахункової забезпеченості, переходять до розрахункового внутрішньорічного розподілу стоку заданої розрахункової забезпеченості. Для цього використовують значення річного стоку розрахункової забезпеченості знятих з розрахункової кривої забезпеченості. Чим довший період спостережень за стоком - тим надійніший вибір реального року близького до року з розрахунковою забезпеченістю. Цей метод використовують лише тоді коли період спостережень більше 20 років.

Для річок суббасейну Нижнього Дніпра визначені водогосподарські роки близькі до розрахункових розподілів стоку за типовою схемою за багаторічний період методом реального року (табл. 4.2).

Як можна відмітити, розподіл «реальних» середніх за водністю водогосподарських років за багаторічні періоди спостережень досить різний у

часовому інтервалі по території, це і 50-ті, і 60-ті, і 70-80-ті, і 90-ті і 2000-ні роки. Внутрішньорічний розподіл за методом реального року (у % від річної суми) наведено на рис. 4.5 для річок суббасейну Нижнього Дніпра.

Таблиця 4.2 – Зведена таблиця років, що близькі до типового розподілу за багаторічний період спостережень, визначені методом реального року

№ за/п	Річка - пост	Площа водозбору, км ²	Кількість років спостереження	Водогосподарський рік близький до розрахункового
1	Оріль – с. Степанівка	627	28	1999/2000
2	Оріль – смт Царичанка	9100	63	1955/56
3	Орчик – с. Чернещина	1310	59	1995/96
4	Самара – с. Коханівка	1430	58	1995/96
5	Самара – с. Кочережки	19800	61	1989/90
6	Велика Тернівка – с. Богданівка	924	56	1979/80
7	Вовча – смт Васильківка (ф Б)	11600	63	1988/89
8	Мокрі Яли – х. Грушівський	2660	64	1968/69
9	Солона – с. Новопавлівка	680	55	1996/97
10	Гайчур – с. Андріївка	2100	69	1965/66
11	Мала Терса – с. Троїцьке	750	58	1992/93
12	Кільчень – с. Олександрівка Перша	376	57	1988/89
13	Мокра Сура – смт Кринички	389	57	1993/94
14	Кінська – м. Пологи	353	62	1960/61
15	Інгулець – с. Олександрівка Степанівка	1400	79	2006/07
16	Інгулець – с. Іскрівка	4410	58	1967/68
17	Інгулець – м. Кривий Ріг (ф Б)	8600	76	1965/66

Лімітуючий період і сезон назначають, виходячи із використання стоку, а також із співвідношення витрат стоку річки і водоспоживання в різні сезони року.

Для річок з весняною повинню лімітуючий періодом вважають всю межінь – літо, осінь і зиму, а лімітуючий сезон - літо, осінь, або зиму в залежності від виду основного споживання. Якщо використання стоку розраховане на сільськогосподарські потреби, то лімітуючим сезоном вважають літо – осінь, якщо для гідроенергетики - то зими.

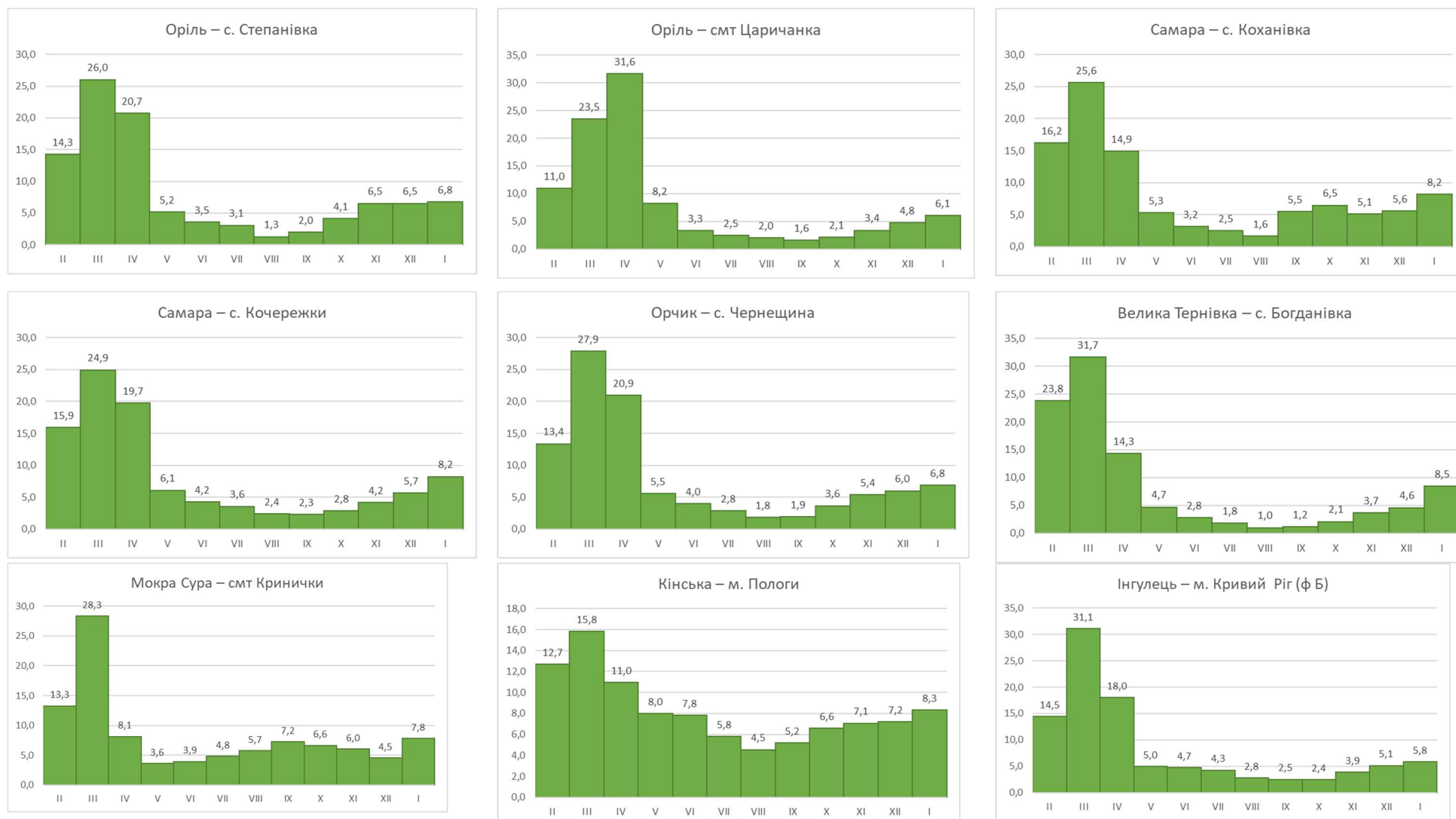


Рисунок 4.5 – Внутрішньорічний розподіл стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра за методом реального року (аркуш 1)

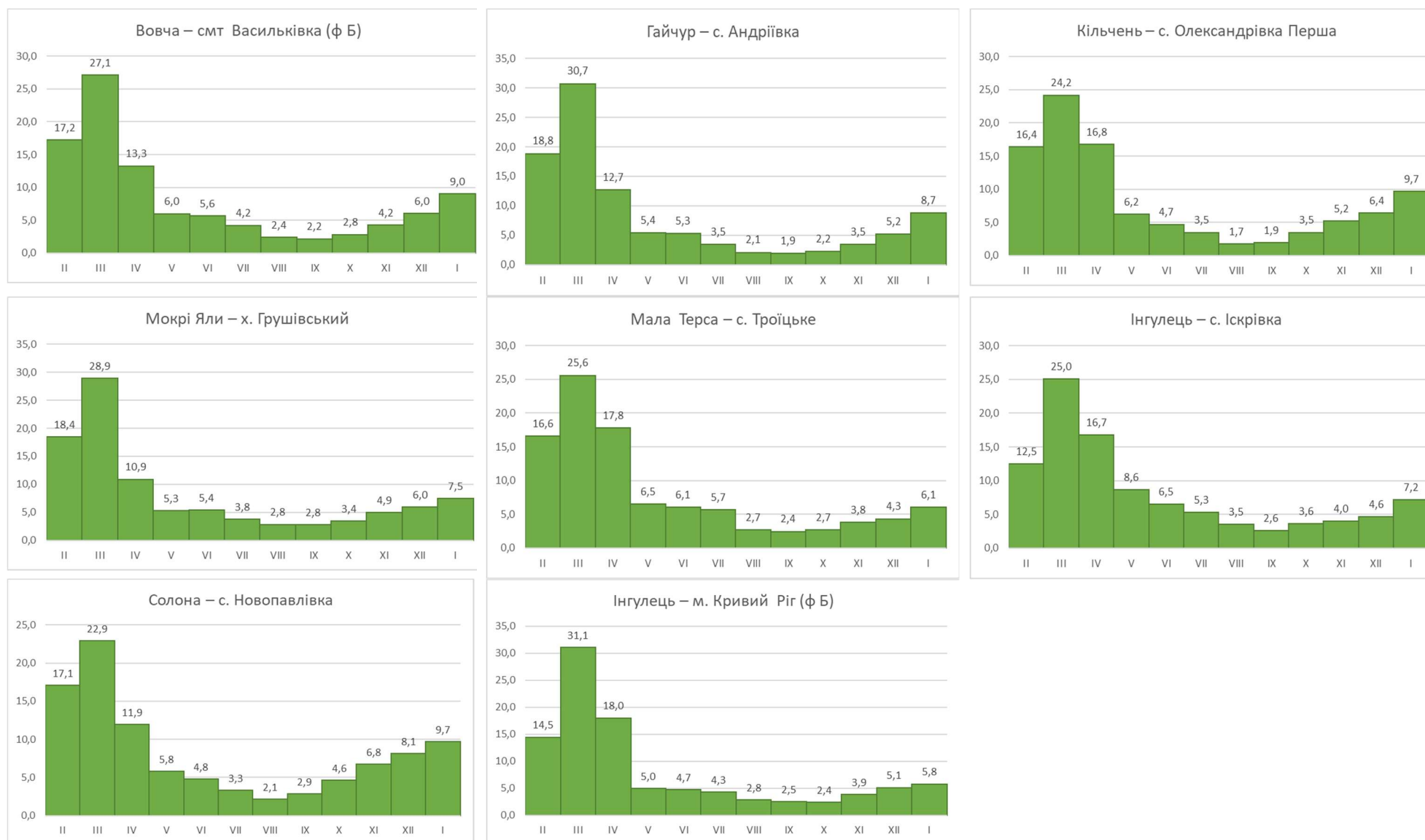


Рисунок 4.5 – Внутрішньорічний розподіл стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра за методом реального року (аркуш 2)

4.4 Розрахувати внутрішньорічний розподіл стоку методом компонентування для цілей зрошення

Розрахувати внутрішньорічний розподіл стоку методом компонентування для цілей зрошення з розрахунковою ймовірністю перевищення $P = 25 \%, 50 \%, 75 \% \text{ і } 97 \%$.

Розрахунок ділиться на дві частини:

- а) міжсезонне розподіл, що має найбільш важливе значення;
- б) внутрішньосезонний розподіл (по місяцях / декадах), яке встановлюється з деякою схематизацією.

Розрахунок виконується по водогосподарський роках, тобто по роках, які починаються з багатоводного сезону. Терміни сезонів починаються єдиними для всіх років спостережень з округленням їх до цілого місяця. Тривалість багатоводного сезону призначається так, щоб у межах сезону поміщалося повинь як в роки з найбільш раннім терміном настання, так і з найбільш пізнім терміном закінчення.

Для річок суббасейну Нижнього Дніпра весняний сезон – лютий, березень, квітень; літньо-осінній – травень, липень, серпень, вересень, жовтень, листопад; зима - грудень і січень наступного року.

Величина стоку за окремі сезони і періоди визначається сумою середньомісячних витрат за визначені місяці.

Одним з основних умов методу компонентування є рівність

$$Q_{\text{роз рік}} = \sum Q_{\text{роз сез.}} \quad (4.1)$$

Однак це рівність порушується, якщо розрахунковий стік за нелімітуючі сезони визначати також по кривих забезпеченості (зважаючи на відмінність параметрів кривих).

Внутрішньосезонний розподіл - приймається осередненим по кожній з трьох груп водності (багатоводна група, що включає роки з забезпеченістю стоку за сезон $P < 33\%$, середня по водності $33 < P < 66\%$, маловодна $P > 66\%$).

Для виділення років, що входять в окремі групи водності, необхідно сумарні витрати за сезон розташувати за спаданням і підрахувати їх фактичну забезпеченість.

Для прикладу приведено результати розрахунків за методом компановки для р. Вовча – с. Василівка ($F=11600 \text{ км}^2$, форма Б – річка з нестійким льодоставом) і для р. Інгулець – с. Олександрівка-Степанівка ($F=1400 \text{ км}^2$, форма А – річки із стійким льодоставом).

За методикою, наведено у [4] виконаний розрахунок визначення внутрішньосезонного розподілу стоку, шляхом побудови емпіричних кривих сум середньомісячних витрат води за водогосподарський рік, лімітуючий період і сезон (рис. 4.6 – для р. Вовча – с. Василівка, рис. 4.7 – для р. Інгулець – с. Олександрівка-Степанівка) та нелімітуючий період і сезон (рис. 4.8 – для р. Вовча – с. Василівка, рис. 4.9 – для р. Інгулець – с. Олександрівка-Степанівка)

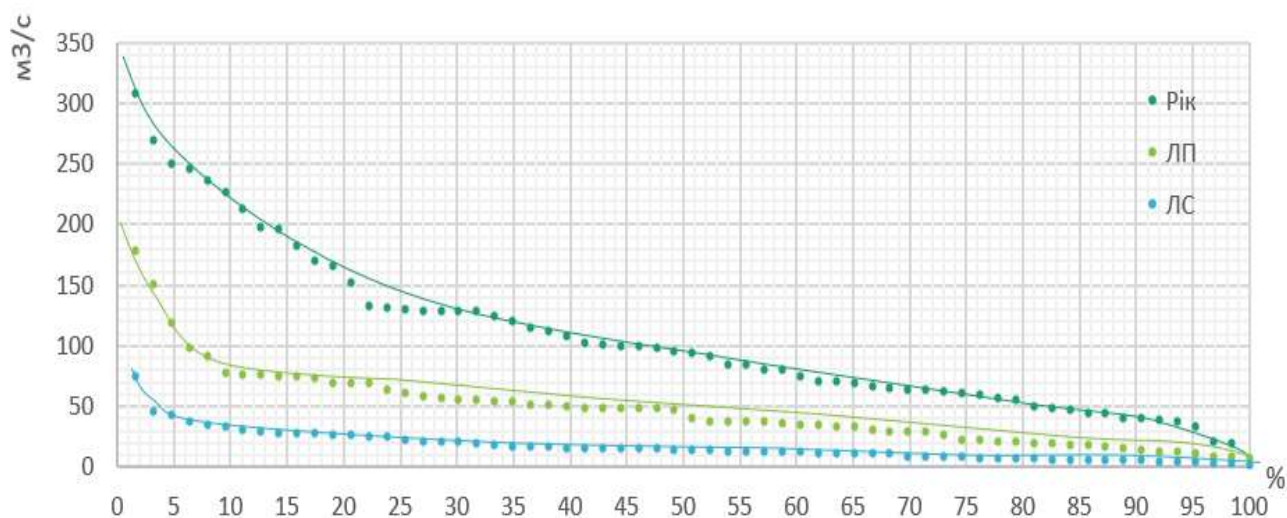


Рисунок 4.6 – Емпіричні криві забезпеченості сум місячних витрат води для р. Вовча – с. Василівка за: 1 – рік, 2 – лімітуючий період, 3 – лімітуючий сезон

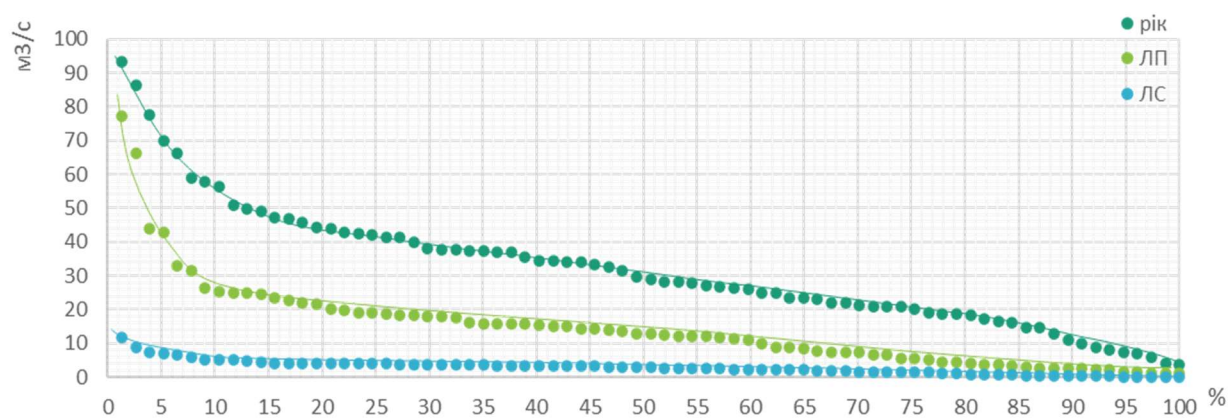


Рисунок 4.7 – Емпіричні криві забезпеченості сум місячних витрат води для р. Інгулець – с. Олександрівка за: 1 – рік, 2 – лімітуючий період, 3 – лімітуючий сезон

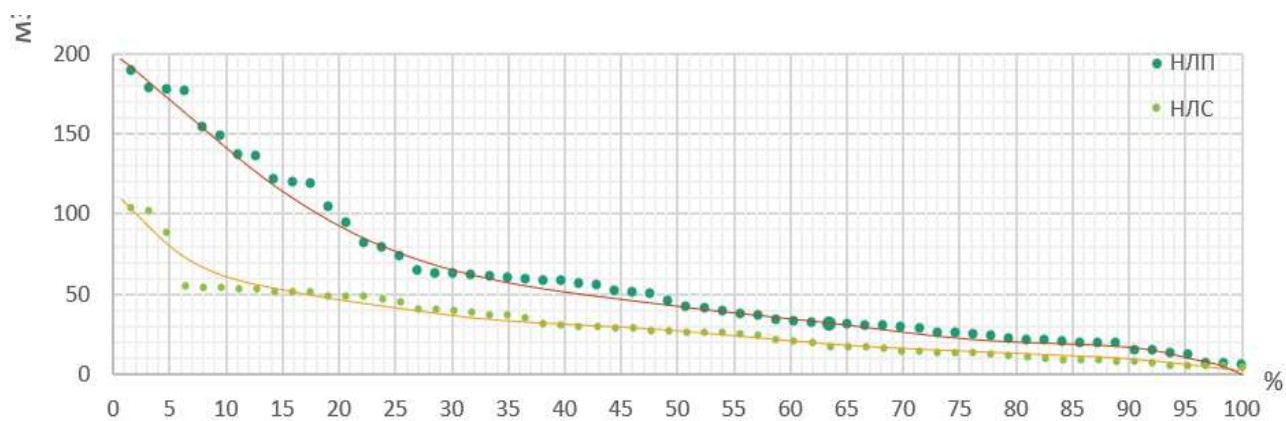


Рисунок 4.8 – Емпіричні криві забезпеченості сум місячних витрат води для р. Вовча – с. Василівка за: 1 – нелімітуючий період, 2 – нелімітуючий сезон

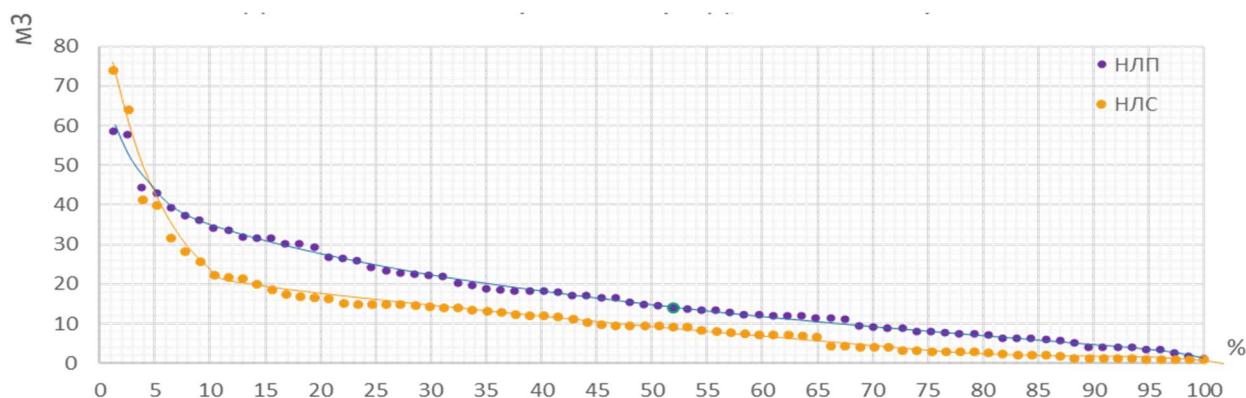


Рисунок 4.9 – Емпіричні криві забезпеченості сум місячних витрат води для р. Інгулець – с. Олександрівка за: 1 – нелімітуючий період, 2 – нелімітуючий сезон

Результати розрахунків зведені у табл. 4.3 для р. Вовча – с. Василівка та табл. 4.4 для р. Інгулець – с. Олександро-Степанівка для розрахункових забезпеченостей 25 %, 50 %, 75 % та 97 %.

За результатами розрахунків маємо, що для р. Вовча – с. Васильківка (без стійкого льодоставу) стік весняного періоду оцінюється як 52,2-63,0 %, а літньо-осіннього як 25,9-31,1 %, тоді як для р.Інгулець – с. Олександро-Степанівка (з стійким льодоставом) весняний стік складає у 50,0-81,0 %, літньо-осінній 14,3-40,5 %, а зимовий лише 4,8-9,5 % в залежності від водності років.

Таблиця 4.3 – Розрахункові об'єми і забезпеченості сезонного стоку р. Вовча – с. Василівка

Періоди і сезони	Забезпеченість річного стоку, Р %											
	25			50			75			97		
	Р, %	Об'єм стоку		Р, %	Об'єм стоку		Р, %	Об'єм стоку		Р, %	Об'єм стоку	
		м³/с	у % від річного стоку		м³/с	у % від річного стоку		м³/с	у % від річного стоку		м³/с	у % від річного стоку
Рік	25	140	100	50	90	100	75	63	100	97	27	100
Межень (V-I), ЛП	25	62	44,3	50	43	47,8	75	26	41,3	97	10	37,0
Весна (II-IV), НЛП	5	78	55,7	24	47	52,2	32	37	58,7	90	17	63,0
Літо-осінь (V-XI), НЛС	28	42	30,0	49	28	31,1	69	17	27,0	92	7	25,9
Зима (XII-I), ЛС	25	20	14,3	50	15	16,7	75	9	14,3	97	3	11,1

Таблиця 4.4 – Розрахункові об'єми і забезпеченості сезонного стоку р. Інгулець – с. Олександр-Степанівка

Періоди і сезони	Забезпеченість річного стоку, Р %											
	25			50			75			97		
	Р, %	Об'єм стоку		Р, %	Об'єм стоку		Р, %	Об'єм стоку		Р, %	Об'єм стоку	
		м³/с	у % від річного стоку		м³/с	у % від річного стоку		м³/с	у % від річного стоку		м³/с	у % від річного стоку
Рік	25	42	100	50	31	100	75	21	100	97	6	100
Межень (V-I), ЛП	25	21	50,0	50	15	48,4	75	4	19,0	97	2	33,3
Весна (II-IV), НЛП	32	21	50,0	48	16	51,6	43	17	81,0	94	4	66,7
Літо-осінь (V-XI), НЛС	21	17	40,5	40	12	38,7	75	3	14,3	84	1,5	25,0
Зима (XII-I), ЛС	25	4	9,5	50	3	9,7	75	1	4,8	97	0,5	8,3

ВИСНОВКИ

Основним результатом кваліфікаційною робота магістра є визначені особливості сезонного розподілу стоку річок суббасейну Нижнього Дніпра, що опираються на матеріали спостережень по 2015 рік, включно. Надійна оцінка величини стоку по сезонах дасть можливість задоволення потреб більшості водокористувачів з урахуванням розрахункової забезпеченості.

Слід відмітити наступні результати дослідження:

- ✓ Річки суббасейну повністю розташовані у степовій зоні Причорноморської низовини, що характеризує територію як посушливу;
- ✓ Клімат території помірно-континентальний з річною сумою опадів 441-513 мм і середньорічною температурою повітря $+8,5-9,8$ °C. Сніговий покрив не стійкий;
- ✓ Суббасейн Нижнього Дніпра є унікальним, оскільки тут розташовані найбільші магістральні канали, які були побудовані задля перекидання зарегульованого стоку Дніпра в посушливі степові райони України з метою зрошення сільгоспугідь та забезпечення водою маловодних регіонів;
- ✓ В останні роки спостерігається маловодна фаза, яка на більшості річок почалась з 2006 року, на річках Мокра Сура і Кінська з 1989 р., на р.Самара-Коханівка з 1980 р., тоді як на водозборах р. Інгулець можна відмітити багатоводну фазу з 2009р, напевно обумовлений антропогенним впливом;
- ✓ Середній багаторічний модуль річного стоку на річках суббасейну Нижнього Дніпра змінюється від $0,42$ л/(с·км²) р. Мокрі Яли – х.Грушівський до $1,95$ л/(с·км²) р. Інгулець – с.Олександр-Степанівка, діапазон коливання коефіцієнт варіації $0,44-0,90$, а середнє співвідношення $C_v/C_s=2,5$.
- ✓ Коефіцієнт варіації річного стоку узагальнено по території на рівні $0,54$;
- ✓ Розрахунковий розподіл стоку виконувався по таких періодах: весна з лютого) по квітень, межень з травня поточного року по січень наступного.

- ✓ Найбільш повноводний місяць березень, коли формується від 15,8 до 31,7 % річного стоку, у місяці межені з травня поточного місяця по січень наступного року формується від 1,0 до 9,7 % річного стоку.
- ✓ Для річок без стійкого льодоставу стік весняного періоду оцінюється як 52,2-63,0%, а літньо-осіннього як 25,9-31,1, в залежності від водності року, а для річок з стійким льодоставом весняний стік складає весняний стік складає 50,0-81,0 %, літньо-осінній 14,3-40,5 %, а зимовий лише 4,8-9,5 % в залежності від водності років.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 06. Украина и Молдавия. Выпуск 2. Среднее и Нижнее Поднепровье : Монография. Ленинград : Гидрометеиздат, 1971. 492 с.
2. ПРОЕКТ ПЛАНУ УПРАВЛІННЯ СУББАСЕЙНОМ НИЖНЬОГО ДНІПРА. ЧАСТИНА 1 (2025-2030). Версія 4; Лютий 2021. 422с.
3. Портал «Природа України» [Електронний ресурс] <https://geomap.land.kiev.ua/>
4. Вишневський В. І. Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України : монографія. Київ : Ніка-Центр, 2003. 324 с
5. ШвебсГ.І., ІгошинМ.І. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
6. Гідрологічні розрахунки: підручник / Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода, В.А. Овчарук. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
7. Закатеї Б.А. Характерний розподіл сезонного стоку річок басейну нижнього Дніпра в залежності від водності року // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, Одеса, 2022