

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Сучасний водний режим річок басейну Сіверського Дінця в
межах України

Виконав студент групи ГО-18
спеціальності 103 «Науки про Землю»
освітньої програми «Гідрометеорологія»
Акіньшина Карина Олександрівна

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

Консультант

Рецензент д-р геогр. наук, проф.
Хохлов Валерій Миколайович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут
Кафедра Гідрології суші
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 103 Науки про Землю
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрометеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідрології суші

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

Шакірманова “ 02 ” березня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту(ці) Акіньшиній Карині Олександрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Сучасний водний режим річок басейну Сіверського Дінця в межах України

керівник роботи Гопцій Марина Володимирівна канд. геогр. наук, ст. викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від “ 21 ” грудня 2021 року № 267 «С»

2. Строк подання студентом роботи 05.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи середньомісячні та середньорічні витрати води на річках басейну Сіверського Дінця від початку спостережень по 2015 рік, включно; основні гідрографічні характеристики водозборів річок

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз гідрометеорологічних факторів формування стоку протягом року на річках басейну Сіверського Дінця. 2. Загальна характеристика водного режиму річок в басейні Сіверського Дінця. 3. Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку річок басейну Сіверського Дінця.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Карто-схеми: фізико-географічного положення водозборів басейну Сіверського Дінця в межах території України; ґрунтів та рослинності водозборів річок досліджуваної території; гідрологічної мережі. Хронологічні графіки витрат води річок басейну Сіверського Дінця; різницево-інтегральні криві витрат води річок в басейні Сіверського Дінця; діаграми внутрішньорічного розподілу стоку води за типовою схемою, за моделями характерних років та за методом компонування.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 02.03.2022 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ за/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ. Аналіз гідрометеорологічних факторів формування стоку протягом року на річках басейну Сіверського Дінця	02.03-09.03.2022	82	добре
2	Загальна характеристика водного режиму річок в басейні Сіверського Дінця	10.03-16.03.2022	91	відмінно
3	Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку річок басейну Сіверського Дінця (за типовою схемою)	17.03-20.03.2022	95	відмінно
	Рубіжна атестація			
4	Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку річок басейну Сіверського Дінця (за моделями характерних років)	23.05-29.05.2022	96	відмінно
5	Висновки. Перелік джерел посилань. Додатки	30.05-31.05.2022		
	Оформлення роботи	01.06-05.06.2022		
	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	06.06-07.06.2022		
	Підготовка доповіді, презентації	07.06-14.06.2022		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапах)		91	відмінно

Студент(ка) _____

(підпис)

Акіньшина К.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

Гопцій М.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	5
1 Аналіз гідрометеорологічних факторів формування стоку протягом року на річках басейну Сіверського Дінця	7
1.1 Фізико-географічна характеристика досліджуваної території	7
1.2 Фактори підстилаючої поверхні	10
1.3 Мінливість метеорологічних характеристик в басейні Сіверського Дінця	13
1.4 Антропогенне навантаження на водозборах річок басейну Сіверського Дінця	19
2 Загальна характеристика водного режиму річок в басейні Сіверського Дінця	21
2.1 Особливості водного режиму річок досліджуваного регіону	21
2.2 Гідрологічна вивченість та мережа спостережень	23
2.3 Аналіз величини та просторово-часової мінливості річного стоку на річках басейну Сіверського Дінця	25
2.3.1 Тренди та циклічність у часових рядах середньорічних витрат води річок басейну Сіверського Дінця	25
2.3.2 Статистичні характеристики річного стоку річок басейну Сіверського Дінця	29
3 Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку річок басейну Сіверського Дінця	38
3.1 Типова схема внутрішньорічного розподілу стоку	38
3.2 Розподіл внутрішньорічного стоку по характерних роках	40
3.3 Внутрішньорічний розподіл стоку за методом компонування	44
3.4 Порівнювальний аналіз внутрішньорічного розподілу визначеного різними методами	50
Висновки	53

Перелік джерел посилання	56
Додаток А Мінливість величини річного стоку на річках басейну Сіверський Донець	58
Додаток Б Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку методом компонування на річках басейну Сіверського Дінця	63

ВСТУП

З метою розробки та впровадження стратегії раціонального використання й охорони водних ресурсів, планування та реалізації водогосподарських заходів, які вирішують проблеми водозабезпечення, оптимального регулювання річкового стоку, протипаводкових заходів, необхідно мати величину річного стоку і знати його мінливість як протягом року, так і з року в рік.

Основним фактором, що визначає як внутрішньорічний розподіл стоку, так і його загальну величину, є клімат. Головними кліматичними елементами, що впливають на розподіл стоку, є хід опадів і температури повітря, яка в свою чергу визначає величину втрат на випаровування з поверхні водозбору. Однак окремо жоден з цих чинників не є визначальним в розподілі стоку оскільки чималу роль відіграють географічні, орографічні чинники та фактори підстилаючої поверхні. В умовах зміни клімату представляє інтерес оцінити внутрішньорічний розподіл стоку та проаналізувати його динаміку у багаторічному періоді. Формування річного стоку річок є багатофакторним процесом, що знаходиться під різноманітним впливом фізико-географічних чинників та антропогенного навантаження.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є визначення сучасного внутрішньорічного розподілу річного стоку для річок басейну Сіверського Дінця, аналіз просторово-часової мінливості стокових рядів середньорічних витрат води.

Об'єкт дослідження – річки басейну Сіверського Дінця (в межах України).

Предмет дослідження – часові ряди середньомісячних витрат води на річках басейну Сіверського Дінця (в межах України) за весь період спостережень.

Завдання:

- проаналізувати гідрометеорологічні умови формування річного стоку в басейні р. Сіверського Дінця;

- створити базу даних середньомісячних витрат води річок басейну Сіверського Дінця;

- за багаторічний період спостережень визначити та дослідити тренди і циклічність коливань величин середньорічних витратах води;
- виконати розрахунок типового внутрішньорічного розподілу стоку;
- виконати розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку за моделями характерних років;
- виконати розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку методом компонування.

1 АНАЛІЗ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ СТОКУ ПРОТЯГОМ РОКУ НА РІЧКАХ БАСЕЙНУ СІВЕРСЬКОГО ДІНЦЯ

1.1 Фізико-географічна характеристика досліджуваної території

Басейн р. Сіверський Донець займає південно-західні схили Середньоруської височини [1]. Витік річки розташовано в районі м. Белгорода (РФ). Далі тече по території України - Харківської, Донецької, Луганської областях та впадає в р. Дон у Ростовській області (РФ).

Басейн р. Сіверський Донець на заході і північному заході межує з басейном р. Дніпро, на півночі і сході - з басейном р. Дон, на півдні і південному сході - з річками Приазов'я (рис. 1.1).



— — — — — - межі досліджуваної території басейну р. Сіверський Донець (в межах України)

Рисунок 1.1 – Карта фізико-географічного положення басейну р. Сіверський Донець [2]

Довжина Сіверського Донця в межах країни становить 723 км від загальної протяжності (1053 км), а площа басейну – 54500 км², що складає 55 % повної площі водозбору.

Щодо берегів річки Сіверського Дінця:

- по лівому березі річки тягнуться сосново-дубові ліси, а також вздовж всього берегу річки є заливні луки, лукові степи в сполученні з лісами, кущами та болотами;

- по правому березі річка порізана глибокими ярами та лісами. Завдяки місту Ізюм, де річка робить різкий розворот та селищу Мелового, де швидкість течії посилюється у басейні Сіверського Дінця утворюється дуже круті береги. Нижче долина знаходиться між пагорбами, що йдуть уздовж правого берега до р. Оскіл - найбільшого припливу річки Сіверський Донець, довжина якого 436 км.

Правий берег р. Оскіл є лісистим та складним з крейди, на лівому березу має мулисте дно та болотисті і піщані низини. З причини забезпечення рівномірної подачі води цілого року в канал Сіверський Донець – Донбас було прийнято рішення з приводу будівництва Краснооскільського водосховища. Його довжина - понад 80 км, ширина - до 3 км, площа понад 122 км², глибина - до 15 м, довжина берегів - близько 250 км [3].

Нижче річки Оскіл р. Сіверський Донець направляє свій напрям на схід. Вода в цьому місці омивається крейдяними горами. Долина широка, але русла басейну річки має менше рукавів.

Лівий берег відрізняється від правого тим що, на цієї сторони зустрічаються багато заток та озер. Характер р. Сіверського Дінця властивий майже до місця впадіння до приливу річки Казенний Торець.

Річка Казенний Торець являється правою притокою басейну річки Сіверський Донець. Довжина якої сягає до 129 км, високі береги досягають до 4 м також ще ця притока має звивисте русло. Річка добре може збільшуватись у своїй ширині, досягнувши від 15 м до 50 м. За характером перебігу близькою до неї приплив Сухий Торець (97 км) і значно відрізняється Кривий Торець (88 км), протягом якого дуже сильна, в окремих місцях спостерігаються кам'янисті

перекати. Нижче за течією річка Сіверський Донець приймає води з правої притоки р. Бахмут (довжина - 88 км) та гирла лівої притоки р. Червона (довжина - 124 км) і після слідує на північ, де обмиває тверді породи, які є продовженням Донецького кряжа. Далі басейн річки прямує в південно-східному напрямку. В заплаві, що розташована вздовж лівого берега річки, є велика кількість озер, що харчуються переважно повеневими водами [4].

Після всього руху, русло з півдня на схід, Сіверський Донець приймає зліва води річок Айдар (довжиною 256 км) і Євсуг (довжина 82 км), а потім справа - Лугані (196 км) з правою притокою Ольховкой (83 км). Досить великими його притоками є також річки Деркул (160 км) і Велика Кам'янка (110 км).

На сьогоднішній день на багатьох притоках річки Сіверського Дінця побудовані водосховища, які мають у переважній більшості водопостачання для населення та промислових підприємств [3].

Рівнина, що їде вгору від долини річки Сіверського Дінця має хвилястий рельєф. Крутий уступ з мальовничим високим правим берегом річки оголені крейдянні обриви спускаються до води. Лівий берег річки низький піщаний, багаточисленні ярі, покриті заливними луками, підступаючи до самої води, проростає лісом, терасова рівнинна, покрита головним чином пісками.

Крейдяні гряди гір висотою до 237 м над рівнем моря простягаються вздовж правого берега річки. Схили вкриті лісом, але зустрічають крейдяних відкладень. Піщане дно річки, перепадів багато. Швидкість річки досягає від 0,1 м/с до 0,5 м/с, глибини на плесах від 2 м до 10 м, на перекатах до декількох сантиметрів русло ручки, в деяких місцях ділиться на рукава, утворюючи острови.

По лівому берегу річки, тягнеться сосни та сосново-дубові ліси, а також вздовж всієї річки заливні луки В сполучені з лісами, кущами та болотами ще є і степи лугові.

1.2 Фактори підстилаючої поверхні

Підстилаюча поверхня водозборів представлена ґрунтами зволоженої лісостепової зони різного ступеня опідзоленості (сірі лісові, темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені). Всі ці ґрунти мають вузькі смуги вздовж річки Сіверський Донець та Оскіл, також на ділянці можна побачити лісостепову зону (рис. 1.2).

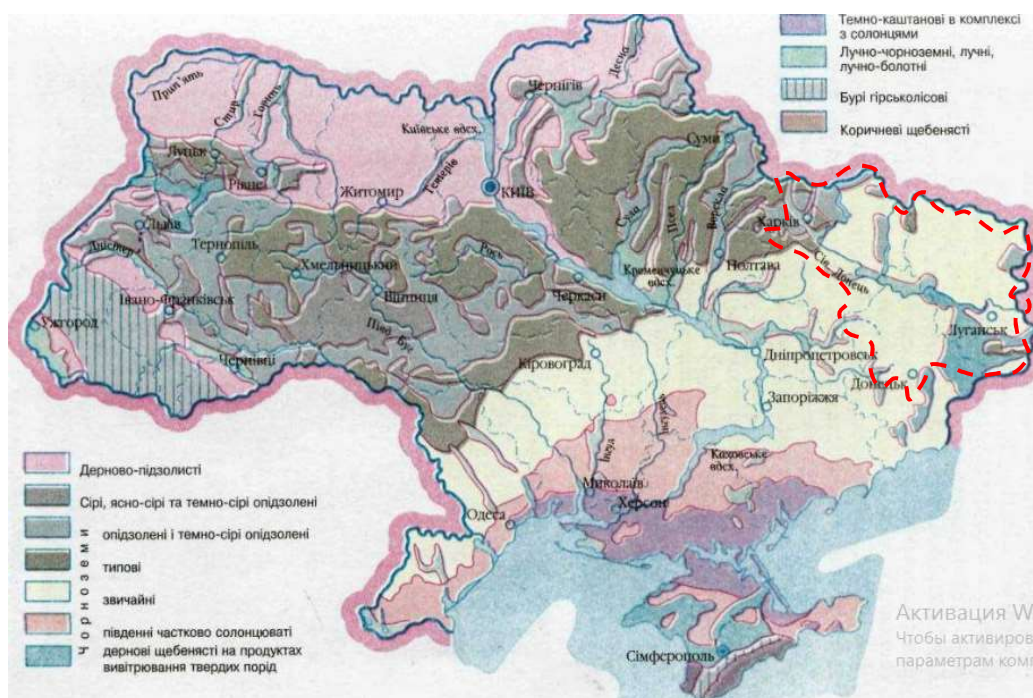


Рисунок 1.2 – Ґрунтовий покрив у басейнах річок Сіверського Донця (в межах України) [2]

В північній частині ґрунтовий покрив басейну річки є різнобарвним та досить складним, це включає в себе і північні частини. Найбільші площі тут представлені типовими чорноземами. Вони панують на вододілах корінного плато і на високих лесових терасах. Основний їх представник - чорнозем потужний середньо гумусний.

Темно - сірі опідзолені ґрунти мають дуже щільне покриття трав'янистої системи і завдяки цьому формуються широколісисті ліса. У цих містах спостерігається підвищене гумусо-народження та знижене опідзолення. Щодо опідзолених чорноземах, то можна сказати що вони виникають внаслідок лісу, що насунувся на відкриті ділянки місцевості. Внаслідок цього непромивний водний режим змінюється на промивний режим, у результаті цього здійснюється вимивання та просочування солей.

Після чорноземів по займаним площам їде опідзолені ґрунти. Вони або тягнуться суцільними смугами вздовж високих схилах річок та лісових масивів, або вкраплені не великими плямами в основний чорноземний фон.

Ґрунти типу сірих лісів формуються завдяки слабо розвиненим трав'янистим покривом та лісової рослинності. Особливою характеристикою є зосередження органічної речовини у верховній невеликій за потужністю, частини профілю, який має різко виражену диференціацію за елювіально-ілювіальним типом. Для таких типів головним процесом служить підзодистість [1].

Перша група включає в себе темно - сірі опідзолені ґрунти та чорнозем, а друга має сірі та світло - сірі опідзолені ґрунти. До першої групи належать опідзолені чорноземи і темно-сірі опідзолені ґрунти, до другої - сірі і світло-сірі опідзолені ґрунти.

Значно перевищує площі широколистяні ліси, які проходять на долині басейну річки Сіверського Дінця та його приток Уди, Лопань та інших.

Басейн річки Сіверський Донець має рослинний покрив, в якому є декілька природних зон: степові та лісостепові

У лісостеповій зоні значними площами займає широколистяні ліси, які зберігаються на підвищених ділянках правобережної сторони ручки Сіверський Донець та його приток р. Мож та р. Уди, більшу частину на території переважає клено-липово-дубові ліси, вони є головними представниками груп асоціацій клено-липово-дубової з осокою, кореневишнею, деревостій двоярусний.

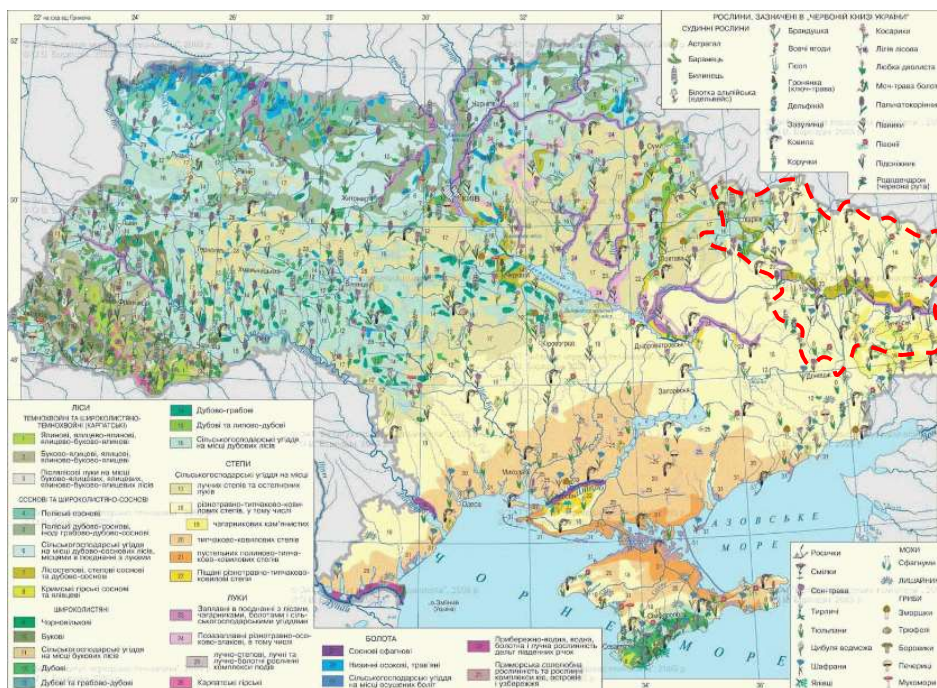


Рисунок 1.3 – Карта рослинного покриття в басейнах річок Сіверського Донця [2]

В лісах переважно є дуби, сосни, тополі, вільхи, береста, ясеня, осики та берези, тощо. Лівий берег басейну річки Сіверського Дінця піддається великими змінами в результаті діяльності людини. На цьому березі терасова піщана долина вкрита сосновим [3].

Підлісок складає 25-30 % покриття і в ньому переважають ті ж види, що і в попередньому типі. Також можна помітити, що на території зустрічається глід зігнуто стовпчиковий та татарський клен.

Трав'яний покрив має дуже добру розвиненість, складає 25-30 % з переважанням осоки волосистої. Головними видами цих лісів є: ланцетовидна звездчатка, запашна маренка, конвалія, дубовий тонконіг, фіалка та ще ряд інших видів.

Щодо трав'янистого ярусу в цих лісах, то вони добре розвинені і складають 35-40 % покриття. Для такого типу існують так звані широколисті види, які мають постійні та великі кількості, і перше місце з них займають копитняк, запашна маренка та снить [4].

1.3 Мінливість метеорологічних характеристик в басейні Сіверського Дінця

Клімат басейну напівсухий континентальний, з теплим літом та холодною зимою. Оскільки протяжність басейну із заходу на схід незначна, а коливання висот невеликі, зміна клімату цієї місцевості незначна [5].

Температурний режим нестійкий та характеризується значними коливаннями протягом року (рис. 1.4).

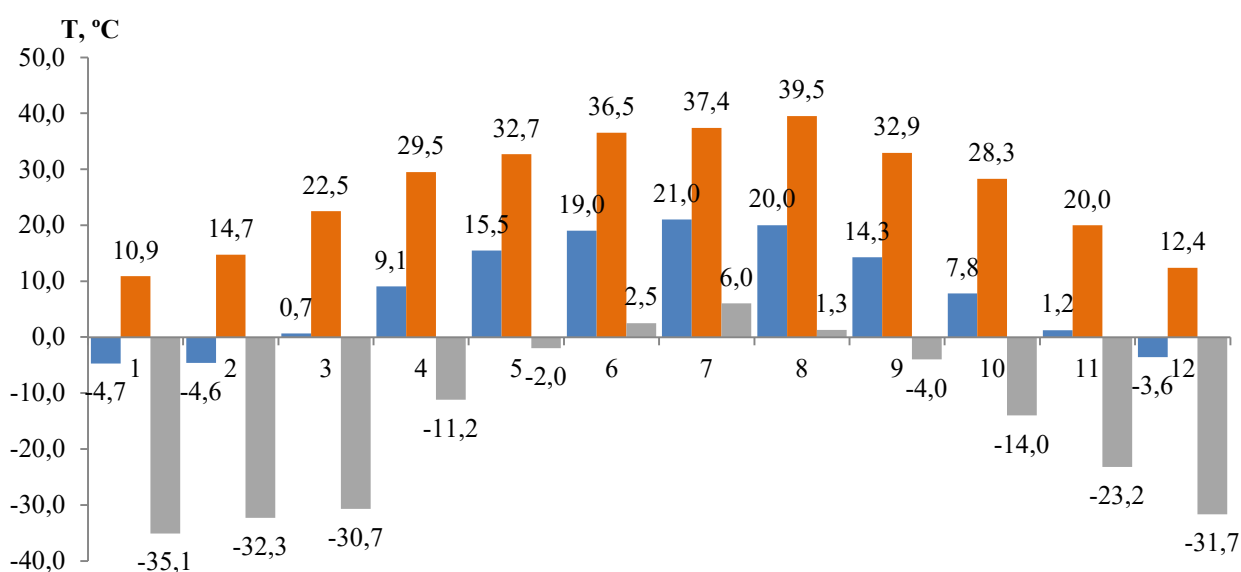


Рисунок 1.4 – Середньомісячна температура повітря (блакитний ряд), найбільші (помаранчевий ряд) та найменша (сірий ряд) температури повітря за багаторічний період спостереження за даними Харківського ГМЦ [4]

Різниця середніх багаторічних температур у північних і південних районах області досягає 5 °C і більше. Час від часу відбувається процес холодних арктичних повітряних мас. Ці процеси викликають значне охолодження і пов'язані з найнижчими мінімальними температурами. Періоди морозної погоди часто змінюються тривалими відлигами через викид південних або південно-західних циклонів в Україні. Під час відлиги температура повітря підвищується до 0 °C і від, часто майже повністю тане сніговий покрив.

Найхолодніший місяць року - січень. Середньорічна температура повітря становить 8,1 °С. У центральній частині вони підвищуються до від -6,0 °С до -7,0 °С. Мінімальні температури спостерігаються в центральній частині району. Абсолютні мінімуми досягають від -38,0 °С до -42,0°С. На північ від цього району абсолютні мінімуми підвищуються до -37,0 °С, до півдня від -30,0 °С до 35,0 °С. Починаючи з січня спостерігається спочатку незначне, а в квітні-травні більш істотне підвищення температури відповідно до табл. 1.1. Найінтенсивніший ріст температури відбувається від березня до квітня, що досягає на більшій частині території 9-10 °С за місяць.

Таблиця 1.1 - Температури повітря [5]

Місяць	Абсолютний мінімум	Середній мінімум	Середня	Середній максимум	Абсолютний максимум
Січень	-35,6 (1940)	-7	-4,6	-2,2	11,2 (1948)
Лютий	-35,0 (1893)	-7,3	-4,5	-1,6	14,6 (1990)
Березень	-32,2 (1964)	-2,4	0,7	4,3	21,8 (1983)
Квітень	-13,1 (1929)	4,6	9,2	14	30,5 (2012)
Травень	-6,0 (1918)	10,3	15,6	20,8	34,5 (2007)
Червень	-1,1 (1916)	14,2	19,3	24,3	36,8 (1998)
Липень	5,7 (1957)	16,2	21,3	26,4	38,8 (1931)
Серпень	1,2 (1900)	14,9	20,3	25,7	39,8 (2010)
Вересень	-4,8 (1907)	9,8	14,4	19,4	34,5 (2015)
Жовтень	-18,1 (1912)	4,3	7,9	12,0	29,3 (1999)
Листопад	-22,6 (1908)	-1,5	0,9	3,5	20,3 (20100)
Грудень	-31,4 (1895)	-5,9	-3,5	-1,1	23,4 (1976)
РІК	-35,6 (1940)	4,2	8,1	12,1	39,8 (2010)

За багаторічними даними спостережень температури повітря були побудовані графіки за різними показниками (рис.1.5).

В холодну пору року і навесні погодні умови визначаються, як правило, впливом відрогів Азіатського баричного максимуму, що приносить мало зволоження, взимку холодне, а навесні тепле повітря. Періодично взимку прориваються циклони з південного заходу, які приносять тепле і вологе повітря, що приводить до виникнення таких метеорологічних явищ, як завірюхи, ожеледь та тумани. В

літні місяці циркуляція повітряних мас обумовлена відрогами Атлантичного баричного максимуму.

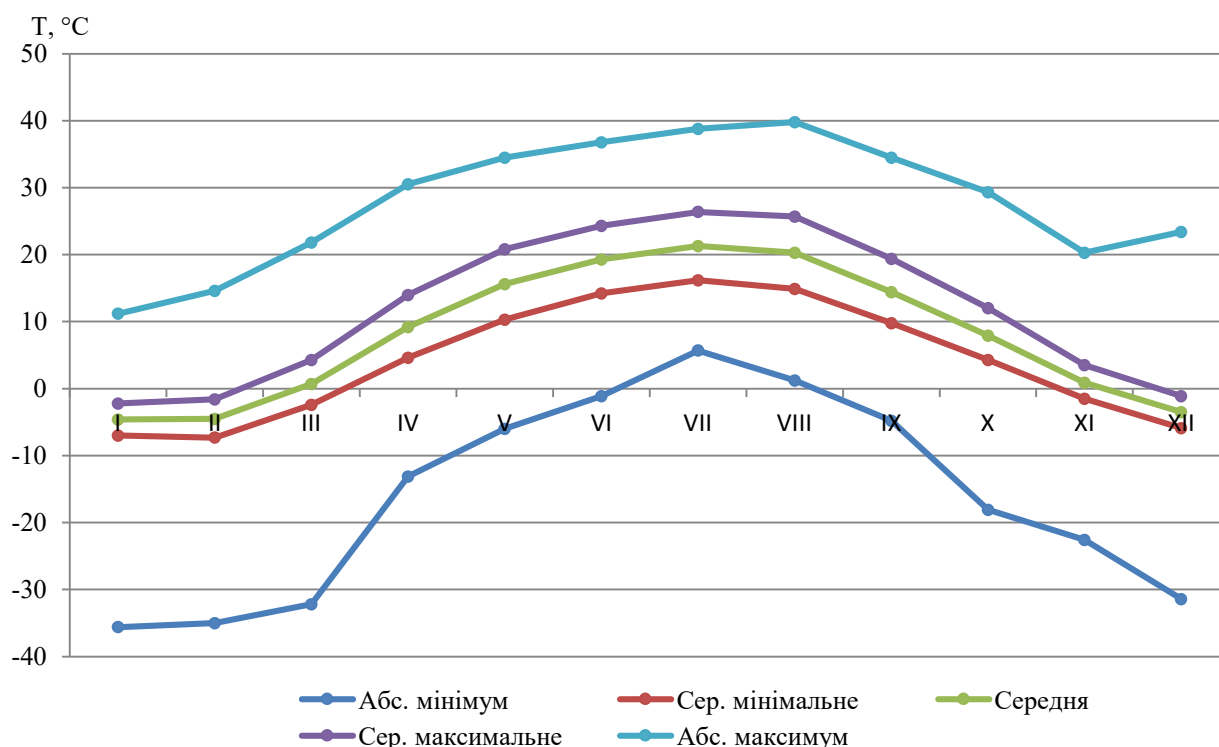


Рисунок 1.5 - Графік ходу температури повітря за різними показниками [4]

Це викликає стійку, спекотну та суху погоду, що порушується циклонами, які надходять час від часу із заходу і призводить до встановлення помірно – спекотної погоди з періодичними грозами. Без різких перепадів, поступово здійснюється зміна сезонів.

Весняний сезон починається з часу стійкого переходу середньодобової температури повітря через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (друга половина березня). За три весняні місяці середня багаторічна температура склала $9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дата переходу середньодобової температури через $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (перша половина травня), прийнята за початок літнього сезону, коли встановлюється жарка погода з наявністю суховійних вітрів. Середня максимальна температура атмосферного повітря склала $27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дата переходу середньодобової температури через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (друга половина вересня), вважається початком осіннього періоду.

За три осінні місяці, середня багаторічна температура складає 8,9 °С. Число днів з позитивною температурою повітря - 251 [5].

Опади в басейні річки Сіверського Дінця часто випадають у вигляді дощу (80 % від річної суми), 20% приходить на тверді опади за даними Харківського регіонального гідрометеорологічного центру kharkiv.meteo.gov.ua (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Види опадів та їх вид за рік на території басейну Сіверського Донця Харківського Регіонального Гідрометеорологічного центру [5]

Вид опадів	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Тверді	14	12	8	1	0,1	0	0	0	0	1	6	11	53
Мішані	6	4	4	1	0	0	0	0	0	1	3	6	25
Рідкі	4	3	6	12	14	15	13	10	12	12	10	6	117

За багаторічними річними даними, сума атмосферних опадів по басейну змінюється від 500-620 мм на півночі, до 480-500 мм на півдні. В деякі вологі роки їх кількість перевищує 750 мм, а в посушливі знижується до 300 мм. Майже щороку в різних частинах басейну випадають зливові дощі з сумою опадів від 50 мм до 150 мм (рис. 1.6) [2].

Опади випадають досить рівномірно. Як і в усьому помірному поясі, опадів випадає найбільше в літні місяці, пов'язано це головним чином з переміщенням Сонця по екліптиці, його високе положення над горизонтом стимулює випаровування вологи і формування дощів і гроз.

Найбільш вологі місяці – червень та липень з нормою опадів 69 мм та 62 мм, відповідно. Найбільш сухі місяці – лютий-квітень, 37-38 мм. Причина цього в малій активності циклонів і в недостатній ще енергії Сонця для утворення конвекції. Якщо подивиться на відповідну табл. 1.3 та рис. 1.7, то можна побачити, що місячний мінімум опадів спостерігався в осінній період, а місячний максимум був в липні, де досягнув 239 мм.

Між днями з опадами в теплу пору року часто спостерігаються сухі періоди, тривалість яких може досягати трьох місяців. У цей час різко скорочується

річковий стік, що вимагає підвищеної уваги до санітарного стану не тільки на притоках, а й на самій річці Сіверський Донець [1].



Рисунок 1.6 – Річні суми опадів (мм) у басейнах річок Сіверського Донця (в межах України) [2]

Живлення басейну переважно дощове та снігове, його частка може сягати 65 %. Також значну роль відіграє живлення підземними водами (до 33 %), особливо у посушливі сезони [5].

Таблиця 1.3 - Річний розподіл опадів в басейні річки Сіверський Донець [5]

Місяць	Норма	Абсолютний місячний мінімум	Абсолютний місячний максимум	Добовий максимум
Січень	36	1,0 (1885)	127 (1966)	35 (1881)
Лютий	33	0,0 (1921)	101 (1847)	27 (1997)
Березень	33	2,0 (1986)	152 (1881)	37 (1914)
Квітень	34	0,0 (1918)	113 (1947)	46 (1947)
Травень	50	1,0 (1979)	148 (1949)	57 (1924)
Червень	61	1,0 (1946)	144 (1949)	68 (1877)
Липень	61	3,0 (1963)	239 (1881)	83 (1881)
Серпень	43	0,0 (2018)	203 (1941)	77 (1941)
Вересень	45	0,0 (1909)	151 (1871)	56 (1993)
Жовтень	45	0,0 (1987)	134 (1900)	67 (1901)
Листопад	40	1,0 (1926)	165 (1919)	41 (1990)
Грудень	36	3,0 (1903)	132 (1966)	34 (1935)
Рік	517	279 (1921)	898 (1979)	83 (1881)

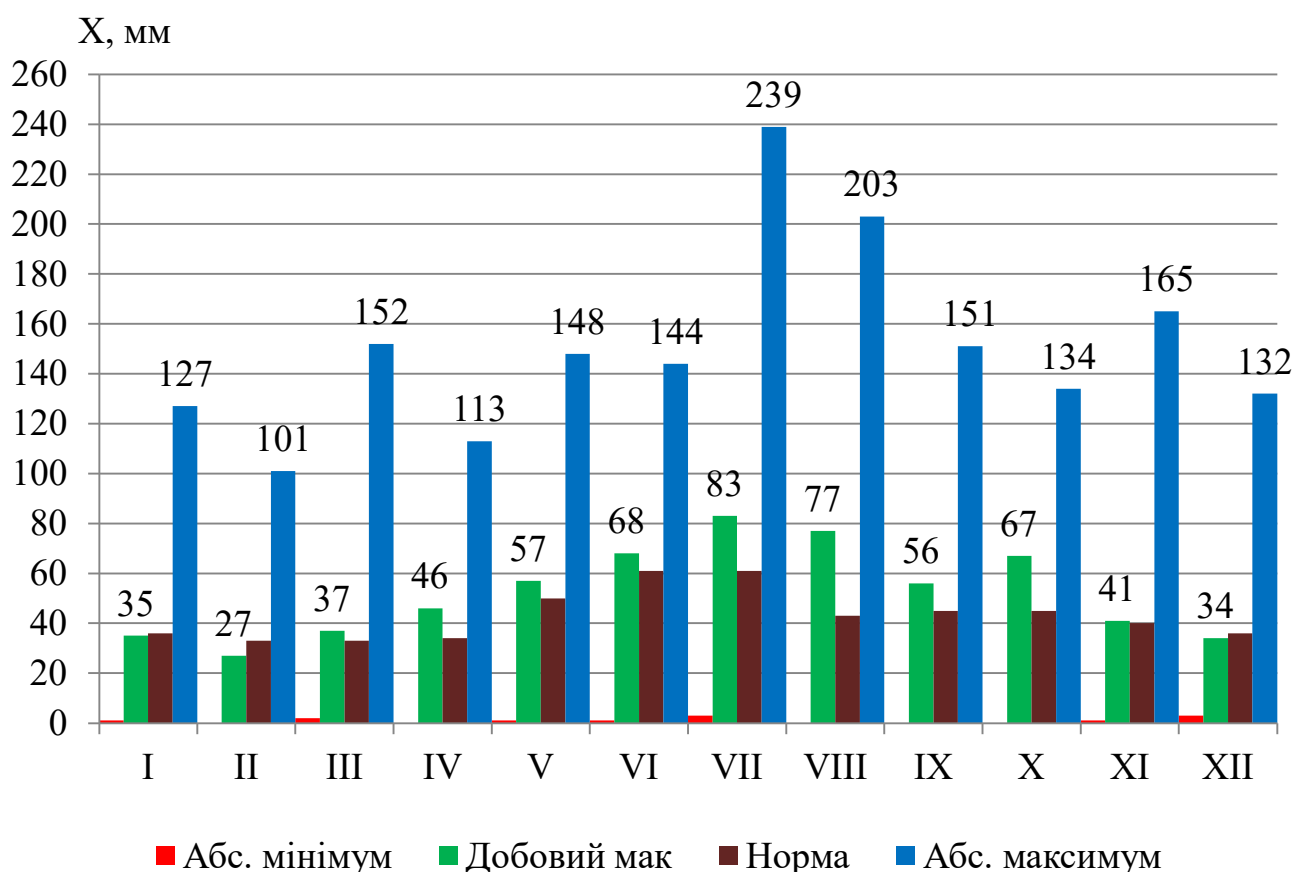


Рисунок 1.7 - Річний розподіл опадів за різними показниками в басейні річки Сіверський Донець [5]

1.4 Антропогенне навантаження на водозборах річок басейну Сіверського Дінця (в межах України)

Водний стік річок басейну Сіверського Дінця використовує для комунальних та промислових підприємств, характеризується значними змінами рівня води (внаслідок змін рівня води це проявляється через забору та відведення води).

Антропогенне навантаження на підземні води у межах району басейну річки Сіверського Дінця здійснюється точковими та дифузними джерелами.

У дифузному забрудненні підземних вод головним джерелом служить міське землекористування (стік із поверхні урбанізованих територій, у т.ч. від випадіння атмосферних опадів, сніготанення) та сільське господарство (у вигляді стоків із сільськогосподарських угідь).

Відбір джерел антропогенного навантаження на стан підземних вод у межах басейну вказує на суттєвий вплив точкових джерел забруднення. На території району басейну річки Сіверський Донець зосереджені найпотужніші металургійні, машинобудівні, нафтохімічні, металургійні комплекси, а також вугільна промисловість. В основному на цієї території спрямована найбільша в межах України кількість відстійників промстоків, шламо- та хвостосховищ, відвалів порід та побутових відходів. Найголовнішим джерелом забруднення стічних вод включає в себе хімічну та вугільну промисловість, житлово-комунальні господарства та чорну металургію. Окрім скидних вод, значний вплив на формування якості поверхневих, а відтак – і на якість підземних вод перших від поверхні водоносних горизонтів, здійснюють води шахтного водовідливу. Шахтні води, як правило містять велику кількість металів, сульфатів, нафтопродуктів, фенолів, ціанідів, тощо, а також характеризуються високою мінералізацією (до 20 г/дм³).

Геологічними наслідками гірничовидобувної діяльності є видобуток нафти, деяких видів мінеральних вод, промислові розсоли які супроводжуються для винесення на поверхню значних кількостей різноманітних елементів та їх з'єднань. Зміна гідрологічного режиму підземних вод проходить через просідання земної

поверхні. Головним джерелом забруднення вод від самої енергетичної промисловості служить надходження забруднюючих сполук із золо- та шламонакопичувачів [1].

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЧОК В БАСЕЙНІ СІВЕРСЬКОГО ДІНЦЯ

2.1 Особливості водного режиму річок досліджуваного регіону

Водний режим річок басейну Сіверського Донця визначається закономірністю внутрішньорічних змін основних складових водного балансу – опадів та випаровування. Рівневий режим характеризується весняною повінню, стійкою меженню, що перериває, паводками і невеликим підйомом рівнів в осінньо-зимовий період [6].

Згідно класифікації річок за типом їх живлення, Сіверський Донець відноситься до 2-го типу, а саме «Річки з повінню та паводками зі сніговим і дощовим живленням».

Зважаючи на географічне положення річки (схід України), її максимальна середня річна витрата води (на водозборі Лисичанськ) становила 261 м³/с, мінімальна – 22,5 м³/с.

На річках басейну Сіверського Донця (виключаючи його праві притоки нижче впадання річки Береки) стік весняного водопілля в багатоводні роки випадках становить від 70 % до 80 % річного стоку, в середні по водності роки від 60 % до 70 %, а в маловодні від 50 % до 60 %. Паводковий стік в багатоводні роки на цих річках зазвичай відсутня (наприклад 1953 рік) і меженний стік становить від 20 % до 30 % річного. В середні і маловодні роки паводковий стік становить від 10 до 20 % річного стоку. Співвідношення рідких і твердих опадів в різні за водністю роки підтверджує, що снігове і дощове живлення річок розглянутого району становить приблизно рівні частини. Так, наприклад, в багатоводні роки тверді опади складають від 25 % до 45 % річної суми в басейні Сіверського Дінця та 15-30 % у басейнах правих приток Сіверського Дінця нижче впадання річки Береки. В середні і маловодні роки тверді опади складають від 15 % до 30 % річної суми в басейнах усіх річок даної території.

Початок підйому рівня весняного водопілля зазвичай відбувається на малих і середніх річках басейну Сіверського Дінця (виключаючи його праві притоки нижче впадання р. Береки) в першій - початку другої декади березня на правих притоках Сіверського Дінця нижче впадання береки - в кінці другої - третій декаді лютого. На всіх річках басейну Сіверського Дінця, виключаючи його праві притоки нижче впадіння р. Береки, зазвичай найвищі рівні повені, перевищують найвищі рівні дощових паводків і тільки на самих малих річках [1].

На рис. 2.1 приведено хід рівнів води та опадів по посту р. Сіверський Дінець – с. Огурцеве за 2000-2020 рр., побудований за допомогою комплексу АРМ-гідро [7]. Як можемо відмітити, що протягом року в більшості випадків характерний весняний підйом рівнів за рахунок танення накопиченого за зиму снігу та опадів, потім йде поступове зниження рівнів у літньо-осінній та зимовий періоди. Проте в окремі роки відмічається підйом рівнів у осінньо-зимовий період за рахунок опадів у вигляді дощів. В останні 20 років льодяний покрив утворюється, однак не на тривалий період і можна бачити що порушується відлигами.

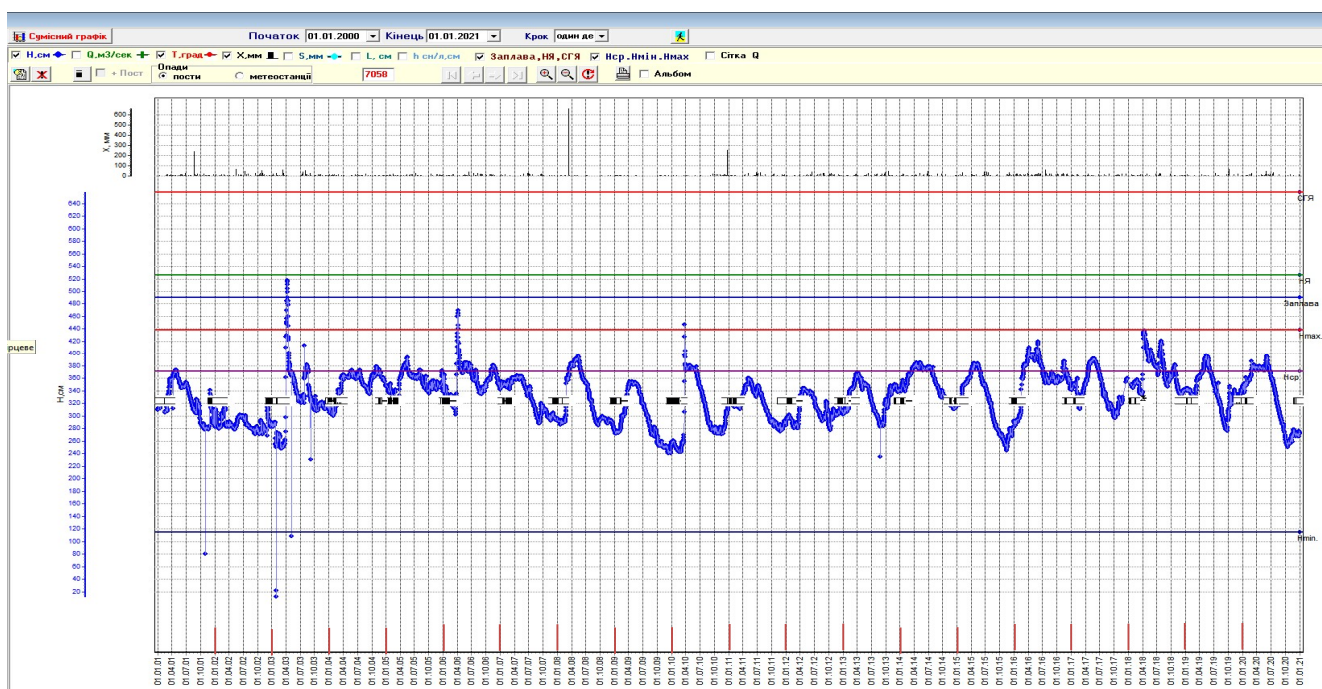


Рисунок 2.1 – Комплексний графік р.Сіверський Донець – с.Огурцеве за 2000-2020 рр.

2.2 Гідрологічна вивченість та мережа спостережень

Річкова система Сіверського Дінця має приклад перистої річкової системи (рис.2.2).



Рисунок 2.2 – Гідрографічна мережа Сіверського Донця в межах України

На досліджуваній території протікає більше тисячі річок різного розміру. Найбільшими притоками річки Сіверський Донець є: Оскіл, Уди, Мож, Деркул та Казенний Торець.

Для дослідження річного стоку використані дані по 17 водозборах з площами водозборів від 189 км² (р. Лопань – смт Козача Лопань) до 22600 км² (р. Сіверський Донець – м. Ізюм), з яких, за класифікацією Водного Кодексу України [8], 10 річок малих та 7 середніх за площею водозборів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Розподіл басейнів річок Сіверський Донець за площею водозборів та періодом спостережень за класифікацією Водного Кодексу України [8]

Градація \ Роки	<20	21-40	41-50	51-70	71-100	>100	Усього
Малі (< 2000 км ²)	-	-	1	8	1	-	10
Середні (2-50 тис. км ²)	-	-	1	6	-	-	7
Великі (>50 тис. км ²)	-	-	-	-	-	-	-
Усього	-	-	2	14	1	-	17

Сформована база вихідних даних від по середньомісячним та середньорічним витратам води від початку спостереження по 2015 рік, включно. Періоди спостереження від 47 до 79 років.

Територія басейну р. Сіверський Донець - один з найбільш урбанізованих та індустріальних регіонів України з інтенсивним веденням сільського господарства, що зазнає значного антропогенного впливу. До найбільш забруднених річок України належить річка Сіверський Донець, яка відноситься до найбільшої річки на сході України. Сіверський Донець є найбільшою рікою та найважливішим джерелом прісної води сходу України.

У регіоні розташовано понад 600 великих підприємств (у тому числі близько 100 водоємних екологічно небезпечних хімічних і металургійних).

Однак водозабезпеченість басейну р. Сіверський Донець нижча від середньої по Україні у 3 рази, а без урахування транзитного стоку - майже у 8 разів.

У середній за водністю рік інтенсивність використання вод, які формуються у межах басейну р. Сіверський Донець, становить 1,2 раза, а в маловодні роки - 3,5 раза (в середньому по Україні відповідно 0,6 і 1,4 раза).

Внаслідок значного антропогенного навантаження у водних об'єктах, вода яких використовується для потреб рибного господарства, спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій речовин (за вмістом легкоокислюваних органічних сполук - у 5 разів, азоту амонійного у 5-15 разів, нафтопродуктів, фенолів, іонів металів - у 10-100 разів). Це призвело до того, що більшість річок басейну втратили здатність до самовідтворення, а річки Вовча, Уда,

Казенний Торець, Кривий Торець, Лугань перебувають під загрозою знищення як природні водні об'єкти [3].

Щорічний водозабір з басейну р. Сіверський Донець у межах України досягає 3,9 км³, що у 1,3 рази перевищує місцевий стік у середній за водністю рік, а безповоротне водоспоживання становить 1,6 км³. Найбільшою проблемою є забруднення річки шахтними водами та стічними водами комунальних і промислових підприємств. Загальний обсяг водовідведення у річки басейну становить майже 2 км³. Щороку із стічними водами до р. Сіверський Донець надходить 2110 тис. тонн забруднюючих речовин, зокрема нафтопродуктів, завислих речовин, сульфатів, хлоридів, фосфору, азоту амонійного, фенолів, пестицидів, детергентів, заліза, міді, цинку, хрому тощо [1].

2.3 Аналіз величини та просторово-часової мінливості річного стоку на річках басейну Сіверського Дінця

2.3.1 Тренди та циклічність у часових рядах середньорічних витрат води річок басейну Сіверського Дінця

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

Річний стік є базовою характеристикою при розробці нових методів гідрологічних розрахунків. Насамперед для річного стоку розробляється більшість гідрологічних моделей [9], досліджуються питання циклічності коливань стоку річок, наслідки впливу антропогенних чинників, включаючи глобальне потепління, а вже потім відбувається перехід до визначення характеристик стоку у внутрішньорічні фази його формування (весняне водопілля, дощові паводки, зимова та літня або літньо-осіння межінь).

Циклічність являє собою послідовну зміну угруповань років підвищеної та зниженої водності. До років підвищеної водності відносяться ті, у які стік

перевищував середню багаторічну величину річного стоку. Роками зниженої водності є роки, у які річний стік був менше середньої багаторічної величини.

Угрупування років підвищеної водності складає багатоводний період коливань водності або додатну фазу, угрупування років зниженої водності – маловодний період або від'ємну фазу. Основними чинниками, які впливають на формування угрупувань років однієї і тієї ж водності, вважаються наступні: загальна циркуляція атмосфери, яка обумовлена розподілом сонячної радіації навколо земної кулі; обертання Землі навколо своєї осі та навколо Сонця; зміни сонячної активності [10].

Одним з методів визначення фаз водності є розрахунок ординат різницево-інтегральних кривих. При побудові яких аналіз цих к різницевих інтегральних кривих дає можливість виділити маловодні та багатоводні фази стоку протягом періоду спостережень. Наявність всередині виділених маловодних (або багатоводних) фаз одного або декількох багатоводних (маловодних) років інколи є підставою для поділу цих фаз на групи меншої тривалості. Однак, при виявленні найбільш виражених і тривалих маловодних (багатоводних) угрупувань ці переломні точки є несуттєвими і можуть не враховуватись [9].

Різницево-інтегральні криві для середньорічних витрат води на річках басейну Сіверського Дінця відображають загальну характеристику річного стоку по досліджуваній території (рис. 2.3). Починаючи з 2006 року по всіх об'єктах спостерігається маловодна фаза, проте можна виділити групу річок, на яких ця фаза настала раніше ще на початку 90-х. Наприклад, р. Вовча - м. Вовчанськ з 1994 року, р. Уди – смт Пересічне з 1988 року, р. Сіверський Донець – с. Огірцеве з 1995 року, тоді як на р. Айдар – смт Білолуцьк з 2011 року та р. Євсуг - смт Петрівка з 2007 року. Також можна відмітити, що річки басейну Сіверського Дінця були у протифазі, наприклад з 2002 по 2007 рік [11]-[15].

Характеристики часових трендів і перевірка коефіцієнтів кореляції r на значущість наведені у відповідній табл. 2.2.

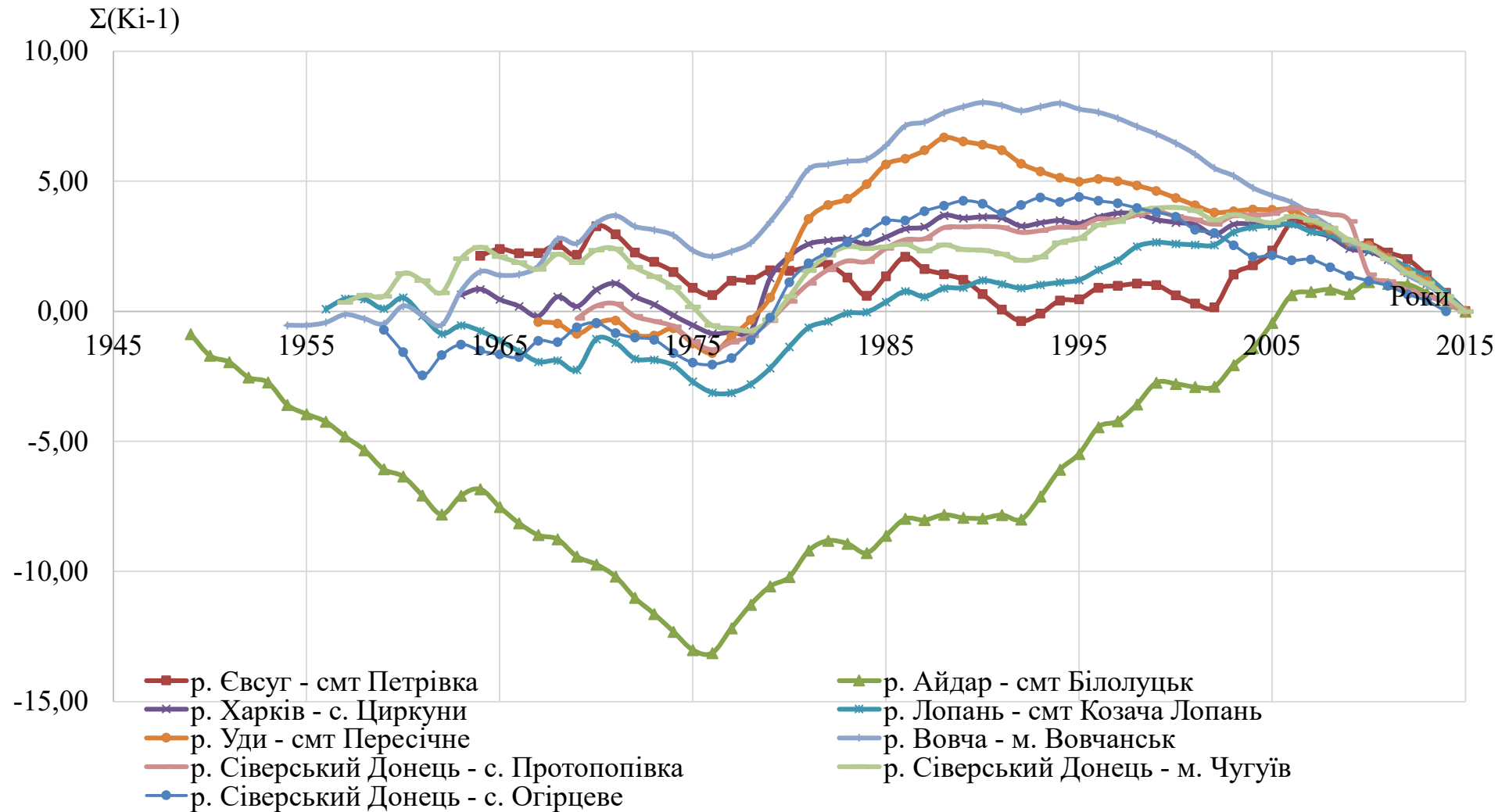


Рисунок 2.3 – Різницево-інтегральні криві середньорічних витрат води на річках басейну Сіверського Дінця

Таблиця 2.2 - Визначення трендів у рядах середньорічних витрат води в басейні р. Сіверський Донець (в межах України)

	Річка-пост	Плща водозбору, F км ²	n, роки спостережень	Рівняння тренду	r ²	r	σr	2σr	Висновок
1	Сіверський Донець - с. Огірцеве	5 540	56	$y = -0,0255x + 0,7266$	0,1391	0,37	0,12	0,23	Значущий
2	Сіверський Донець - м. Чугуїв	10 300	60	$y = -0,0129x + 0,401$	0,0722	0,27	0,12	0,24	Значущий
3	Сіверський Донець - с. Протопопівка	19 400	47	$y = -0,0129x + 0,3085$	0,0702	0,26	0,14	0,27	Незначущий
4	Сіверський Донець - м. Ізюм	22 600	70	$y = 0,0129x + 0,3085$	0,0702	0,26	0,11	0,22	Значущий
5	Вовча - м. Вовчанськ	1 330	62	$y = -0,0257x + 0,7682$	0,1434	0,38	0,11	0,22	Значущий
6	Уди - смт Пересічне	905	49	$y = -0,0404x + 1,0105$	0,1669	0,41	0,12	0,24	Значущий
7	Лопань - смт Козача Лопань	189	52	$y = -0,004x + 0,1209$	0,0029	0,05	0,14	0,28	Незначущий
8	Харків - с. Циркуни	890	53	$y = -0,0203x + 0,5469$	0,064	0,25	0,13	0,26	Незначущий
9	Оскіл - м. Куп'янськ	12 700	80	$y = -0,0059x + 0,169$	0,0176	0,13	0,11	0,22	Незначущий
10	Казенний Торець - смт Райське	936	55	$y = 0,0114x - 0,4037$	0,0525	0,23	0,13	0,26	Незначущий
11	Сухий Торець - смт Черкаське	1 310	52	$y = -0,0064x + 0,1948$	0,0189	0,14	0,14	0,27	Незначущий
12	Бахмут - м. Сіверськ	1 560	57	$y = -0,0007x + 0,0206$	0,0002	0,01	0,13	0,26	Незначущий
13	Жеребець - с. Торське	857	54	$y = -0,0061x + 0,1957$	0,011	0,10	0,13	0,27	Незначущий
14	Красна - с. Червонопопівка	2 540	61	$y = 0,0038x + 0,1288$	0,0044	0,07	0,13	0,25	Незначущий
15	Айдар - смт Білолуцьк	2 250	67	$y = 0,0024x - 0,0847$	0,0015	0,04	0,12	0,24	Незначущий
16	Айдар - с. Новоселівка	6 370	65	$y = -0,0039x + 0,1333$	0,005	0,07	0,12	0,25	Незначущий
17	Євсуг - смт Петрівка	784	50	$y = 0,0009x - 0,0589$	0,0002	0,01	0,14	0,28	Незначущий

Коефіцієнт кореляції r вважається значущим, якщо виконується умова [9]:

$$r \geq 2\sigma_r \quad (2.3)$$

де σ_r - середня квадратична похибка емпіричного коефіцієнта кореляції.

Згідно з табл. 2.2 результати показують, що із 17 водозборів лише 5 з них мають значущий до зменшення тренд. Інші мають незначущий тренд, проте всі вони мають від'ємний нахил. На рис. 2.4 та у дод. А приведені графіки відхилень середньорічних витрат води від норм стоку, за якими можна прослідкувати зміну багатоводних і маловодних років.

2.3.2 Статистичні характеристики річного стоку річок басейну Сіверського Дінця

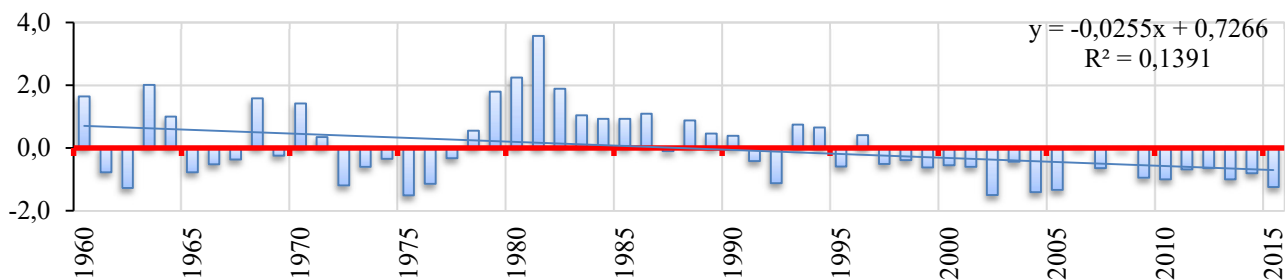
Теоретичним обґрунтуванням можливості застосування статистичних методів при розрахунках стокових величин є теорема теорії ймовірності [10].

Перша група теорем (закон великих чисел) має такий фізичний зміст: при дуже великій кількості випадкових явищ їх середній результат практично перестає бути випадковим і передбачається з великим ступенем певності, тобто встановлюється факт наближення середніх характеристик великої кількості дослідів до деяких визначених сталих.

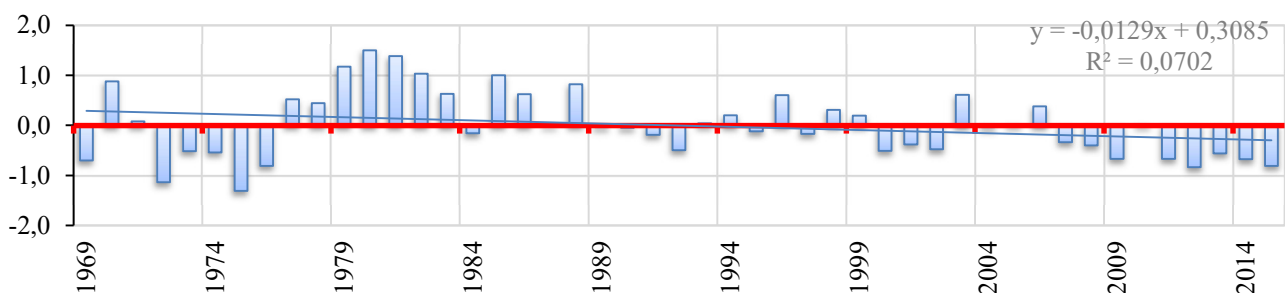
Друга група теорем (центральна гранична теорема) стосується законів розподілу випадкової величини.

Річковий стік можна розглядати як подію, що є результатом взаємодії великої кількості різних стоко-формуєчих факторів, але ступінь впливу кожного з них на формування явища, що розглядається, не можна врахувати в повній мірі, окрім того, деякі фактори можуть бути пов'язані одне з одним.

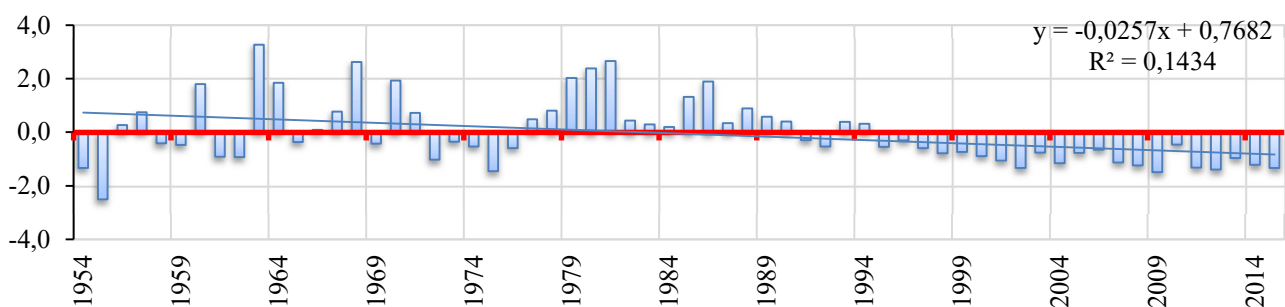
А) р. Сіверський Донець - с. Огірцеве



Б) р. Сіверський Донець - с. Протопопівка



В) р. Вовча - м. Вовчанськ



Г) р. Жеребець - с. Торське

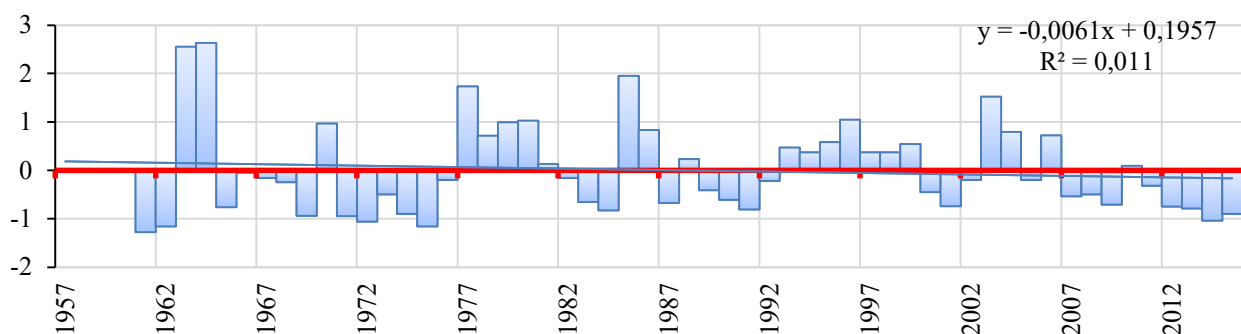


Рисунок 2.4 – Хронологічні графіки відхилень величин середньорічного стоку від норми на річках Сіверського Дінця за весь період спостереження
Перевірка значущості коефіцієнта кореляції r проводилася за критерієм

Отже, річний стік - випадкова величина, яка має якийсь розподіл ймовірностей. Вона може бути описана тим чи іншим теоретичним законом розподілу. Параметрами розподілу ймовірностей (статистичними параметрами) є числові характеристики, що дозволяють робити висновки про властивості закону розподілу ймовірностей випадкової величини [9].

Метод моментів Метод заснований на використанні моментів емпіричного розподілу, які є заможними оцінками відповідних теоретичних моментів.

При заміні теоретичних моментів емпіричними замість $N - \infty$ використовується кінцеве число значень випадкової величини n , а ймовірність (p_i) того, що X набуде значення x_i , змінюється частотою ($p_i - 1/n$).

Для описування властивостей кривих розподілу широко використовують початкові та центральні статистичні моменти. Початкові моменти s -го порядку дискретної величини X являють собою суму

$$\alpha_s = \sum_{i=1}^N x_i^s p_i \quad (2.1)$$

де α_s - початковий момент s -го порядку.

Для безперервної випадкової величини сума записується через інтеграл

$$\alpha_s = \int_{-\infty}^{\infty} x^s f(x) dx \quad (2.2)$$

Другий центральний момент характеризує розсіювання випадкової величини відносно її центра розподілу і носить назву дисперсії D_x

Центральні моменти s -го порядку β_s дискретних випадкових величин описуються наступним виразом

$$\beta_s = \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^s p_i \quad (2.3)$$

відповідно для безперервних випадкових величин

$$\beta_s = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^s f(x) dx \quad (2.4)$$

Для будь-якої випадкової величини центральний момент першого порядку дорівнює нулю [10].

Квадратний корінь із дисперсії називається середнім квадратичним відхиленням σ_x . Оцінка середнього квадратичного відхилення розраховується наступним чином

$$\overline{\sigma_x} = \sqrt{D_x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2.5)$$

З метою порівняння мінливості різномасштабних випадкових величин використовують безрозмірну характеристику V_x та $C_v = \sigma_x / \bar{x}$, яка має назву коефіцієнта варіації і за даними спостережень оцінюється таким чином

$$\overline{C_v} = \frac{\overline{\sigma_x}}{\bar{x}} \quad (2.6)$$

Третій центральний момент характеризує несиметричність (асиметричність) розподілу випадкової величини відносно математичного сподівання і може бути як від'ємним, так і додатнім. Нормування β_s по $3\sigma_x$ дозволяє отримати безрозмірний параметр статистичного розподілу, названий коефіцієнтом асиметрії C_s

$$C_s = \frac{\beta_3}{\sigma_x^3} \quad (2.7)$$

який при розрахунках за вибірками представляється у вигляді

$$\overline{C_s} = \frac{\overline{\beta_3}}{\sigma_x^3} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n\sigma_x^3} \quad (2.8)$$

Вираз (2.8) при використанні модульних коефіцієнтів $k_x / x_i = i$ набуває вигляду

$$\bar{C}_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{nC_v^3} \quad (2.9)$$

Як і оцінка параметра CV , оцінка коефіцієнта асиметрії за виразами (2.8) і (2.9) є зміщеною відносно відповідного параметра генеральної сукупності. Від'ємна зміщеність може бути усунена шляхом введення поправкового коефіцієнта $n^2 / (n-1)(n-2)$, запропонованого Є.Г. Блохіновим [10].

Таким чином, кінцевий вигляд формули для розрахунків коефіцієнта асиметрії має наступний вигляд

$$\bar{C}_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{C_v^3} \quad (2.10)$$

Четвертий центральний момент, покладений в основу характеристики гостровершинності кривої розподілу випадкової величини, має назву ексцесу. Четвертий центральний момент характеризує сплюснутість або витягнутість кривої розподілу випадкової величини у порівнянні з кривою нормального розподілу.

Для випадкової величини, яка підлягає нормальному закону розподілу, тобто крива щільності ймовірностей симетрична відносно математичного сподівання [10].

Метод найбільшої правдоподібності Суть методу найбільшої правдоподібності полягає в тому, щоб застосувати функцію правдоподібності до вибраного теоретичного закону розподілу випадкової величини з метою оптимізації оцінок статистичних параметрів розподілу.

Метод найбільшої правдоподібності відноситься до методів математичної статистики, у яких за оцінку невідомого значення параметру щільності розподілу береться те його значення, при якому функція правдоподібності досягає свого максимуму для даної вибірки випадкових величин [9]-[10].

Математичний вираз для функції правдоподібності з невідомим параметром a має такий вигляд:

$$L(x_1, x_2, x_3 \dots X_n, \dots a) = f(x_1, a) f(x_2, a) \dots f(x_n, a) \quad (2.11)$$

де x_1, x_2, \dots, x_n незалежні події.

Функція правдоподібності задає ймовірність появи вибірки x_1, x_2, \dots, x_n . Чим більше значення функції L , тим більша ймовірність появи цієї вибірки. Звідси і походить назва методу найбільшої правдоподібності.

Якщо в залежності від параметра a величина L значно змінюється, то можна з імовірністю, близькою до 1, отримати значення a . І, навпаки, якщо L не змінюється в залежності від a , то немає підстав робити висновки про a взагалі.

Вираз для визначення параметру a знаходять з умови, що похідна від функції правдоподібності, коли вона досягає максимального значення, має дорівнювати нулю. Відповідно до правил диференціального обчислення для знаходження оцінки параметру a необхідно розв'язати рівняння

$$\frac{\partial L}{\partial a} = 0. \quad (2.12)$$

Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним зміщенням. Його вигляд розрахункових формул статистичних параметрів залежить від обраного закону розподілу випадкової величини. Є.Г.Блохінов застосував метод найбільшої правдоподібності до трипараметричного гама-розподілу С.М.Крицького та М.Ф.Менкеля. У результаті отримані такі статистики

$$\widehat{\lambda}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.13)$$

$$\widehat{\lambda}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} \quad (2.14)$$

$$\widehat{\lambda}_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\bar{x}} g \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} \quad (2.15)$$

Перша із статистик λ_1 дорівнює середньому арифметичному значенню випадкової величини X .

Дві другі (λ_2, λ_3) функціонально зв'язані з коефіцієнтом варіації та співвідношенням.

Метод найбільшої правдоподібності рекомендується застосовувати для визначення статистичних параметрів гідрологічних рядів при $C_v > 0.5$.

При $C_v \leq 0.5$ методи найбільшої правдоподібності та моментів дають практично однакові результати [9]-[10].

Точність оцінок статистичних параметрів стоку Статистичні параметри, розраховані за виборками, називаються вибірочними оцінками статистичних параметрів. Значення вибірочних оцінок відрізняються від значень відповідних параметрів генеральної сукупності

Для того, щоб по оцінках статистичних параметрів достатньо вірогідно характеризувати параметри генеральної сукупності, ці оцінки повинні задовольняти вимогам незміщеності, ефективності та умотивованості

Оцінка статистичного параметра називається незміщеною, якщо її математичне сподівання дорівнює параметру генеральної сукупності

$$M[\theta_m] = \theta \quad (2.15)$$

Вимога незміщеності гарантує відсутність систематичних похибок при оцінках параметрів. Незміщена оцінка, яка має найменшу дисперсію серед усіх можливих незміщених оцінок параметра, розрахованих по вибірках одного й того ж об'єму, називається ефективною.

$$D[\theta_m] \rightarrow 0 \text{ при } m \rightarrow \infty \quad (2.16)$$

де $D[\theta m]$ - дисперсія, тобто розсіювання випадкової величини θm відносно математичного сподівання θ . Оцінка параметра θm називається умотивованою, якщо вона по ймовірності збігається до параметра генеральної сукупності θ .

У зв'язку із установленим зміщенням параметрів C_v та C_s при значній мінливості гідрологічних рядів, метод моментів рекомендовано вживати при $C_s < 0.5$

Особливістю методу моментів є той факт, що при розрахунках за цим методом збільшується внесок значних відхилень від центра розподілу [10].

Статистичний аналіз часових рядів величин середньорічних витрат води на річках басейну Сіверський Донець виконано методом моментів та найбільшої правдоподібності.

Середній багаторічний середньорічний модуль стоку (табл. 2.3) на річках басейну Сіверського Дінця змінюється від 1,21 л/(с·км²) (р. Сухий Торець – смт Черкаське) до 3,20 л/(с·км²) (р. Лопань - смт Козача Лопань). Діапазон коливання значення коефіцієнтів варіації 0,32-0,80 за методом моментів та 0,32-0,81 за методом найбільшої правдоподібності. Середнє співвідношення $C_s/C_v = 1,68$. Похибка вихідної інформації $\pm 6,4\%$, при допустимому значенні похибки вихідної інформації по річному стоку $\pm 10\%$ [9], [14]-[15].

Таблиця 2.3 - Статистичні параметри часових рядів спостереження середньорічних витрат води в басейні Сіверського Дінця

№ за\п	Річка-пост	F, км ²	n, років	Q ₃₆₅ , м ³ /с	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності			Q ₃₆₅ , л/(с·км ²)	σ _q , %
					C _v	C _s	r(1)	C _s /C _v	C _v	C _s	C _s /C _v		
1	Сіверський Донець - с. Огірцеве	5 540	56	15,2	0,435	0,607	0,566	1,4	0,435	0,633	1,5	2,74	5,8
2	Сіверський Донець - м. Чугуїв	10 300	59	19,2	0,44	0,725	0,381	1,6	0,439	0,757	1,7	1,86	5,7
3	Сіверський Донець - с. Протопопівка	19 400	47	41,9	0,429	-2,16	0,409	-5,0	0,429	-0,74	-1,7	2,16	6,3
4	Сіверський Донець - м. Ізюм	22 600	68	54,4	0,324	0,208	0,324	0,6	0,323	0,242	0,7	2,41	3,9
5	Вовча - м. Вовчанськ	1 330	61	3,33	0,471	0,97	0,494	2,1	0,471	1,027	2,2	2,50	6,0
6	Уди - смт Пересічне	905	49	2,58	0,491	1,347	0,705	2,7	0,488	1,525	3,1	2,85	7,0
7	Лопань - смт Козача Лопань	189	60	0,60	0,399	0,365	0,361	0,9	0,398	0,391	1,0	3,20	5,1
8	Харків - с. Циркуни	890	53	2,50	0,442	2,125	0,328	4,8	0,443	2,645	6,0	2,80	6,1
9	Оскіл - м. Куп'янськ	12 700	79	36,4	0,323	0,692	0,094	2,1	0,321	0,711	2,2	2,86	3,6
10	Казенний Торець – смт Райське	936	57	1,80	0,425	1,017	0,217	2,4	0,425	1,088	2,6	1,92	5,6
11	Сухий Торець – смт Черкаське	1 310	55	1,59	0,583	0,888	0,359	1,5	0,584	0,94	1,6	1,21	7,9
12	Бахмут - м. Сіверськ	1 560	56	3,18	0,44	0,275	0,649	0,6	0,439	0,307	0,7	2,04	5,9
13	Жеребець - с. Торське	857	55	2,04	0,461	0,982	0,312	2,1	0,461	1,049	2,3	2,38	6,2
14	Красна - с. Червонопопівка	2 540	61	3,85	0,711	0,053	0,347	0,1	0,715	0,108	0,2	1,51	9,2
15	Айдар - смт Білолуцьк	2 250	67	4,36	0,579	0,377	0,637	0,7	0,58	0,4	0,7	1,94	7,1
16	Айдар - с. Новоселівка	6 370	66	8,86	0,803	0,595	0,738	0,7	0,808	0,616	0,8	1,39	9,9
17	Євсуг - смт Петрівка	784	52	1,43	0,568	1,436	0,278	2,5	0,567	1,633	2,9	1,83	7,9

3 РОЗРАХУНОК ВНУТРІШНЬОРІЧНОГО РОЗПОДІЛУ СТОКУ РІЧОК БАСЕЙНУ СІВЕРСЬКОГО ДІНЦЯ

3.1 Типова схема внутрішньорічного розподілу стоку

Для внутрішньорічного розподілу стоку існують декілька видів залежності, це типові та розрахункові. Під типовим розуміється найчастіше повторювальний для окремої річки (або групи річок) розподіл стоку по місяцях, декадах, сезонах чи інших часових періодах [9]. При цьому розглядаються моделі фіктивних та характерних за водністю років (середньоводних, багатоводних, маловодних).

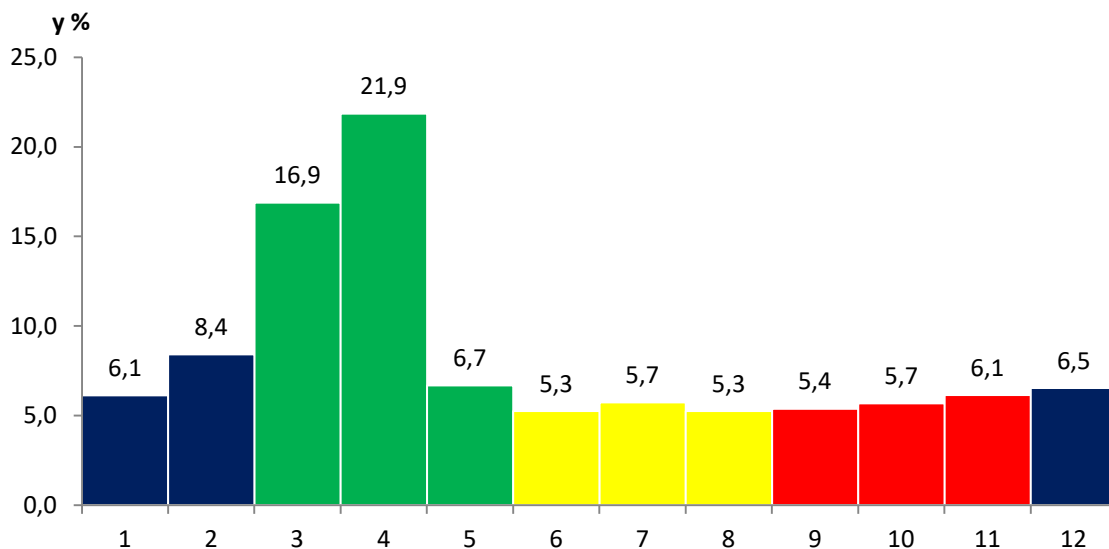
Розрахунки для внутрішньорічних розподілів стоку здійснюється з визначенням ймовірності року, періодів (весна-межень) та сезонів (весна-літоосінь-зима). При цьому розглядаються не календарні, а так звані водогосподарські роки, які починаються з весною поточного року, охоплюють повністю літо, осінь і частку зими (до 31.12), а також зимові місяці іншого року (тобто починаючи з 1.01, і до початку весни) [10].

Для річок басейну р. Сіверський Донець за існуючий період спостережень розраховані типові розподіли стоку представлені на рис. 3.1.

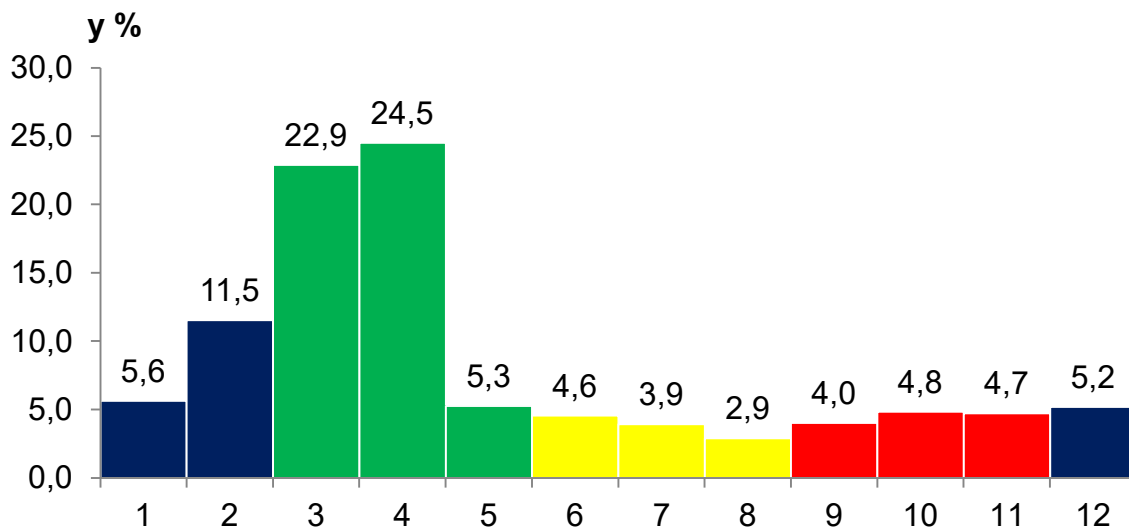
Як можемо бачити, на притоках Сіверського Дінця найбільший за водністю місяць – березень (25-30 %), тоді як по самому Сіверському Дінцю – це квітень (22-28 %). Найбільш посушливий місяць для всіх річок басейну – серпень (на притоках 1,7-2,6%, по р. Сіверський Донець – 3,8-4,5 %).

Таким чином, весною стік річок складає 37-55 % річного стоку, влітку – 7,7-13,5 %, восени – 10-24 % та взимку 22-33 % [11], [14]-[15].

А) р. Сіверський Донець – м. Чугуїв, $F = 10300 \text{ км}^2$



Б) р. Красна – с Червонопопівка, $F = 2540 \text{ км}^2$



В) р. Казенний Торець - смт Райське $F = 936 \text{ км}^2$

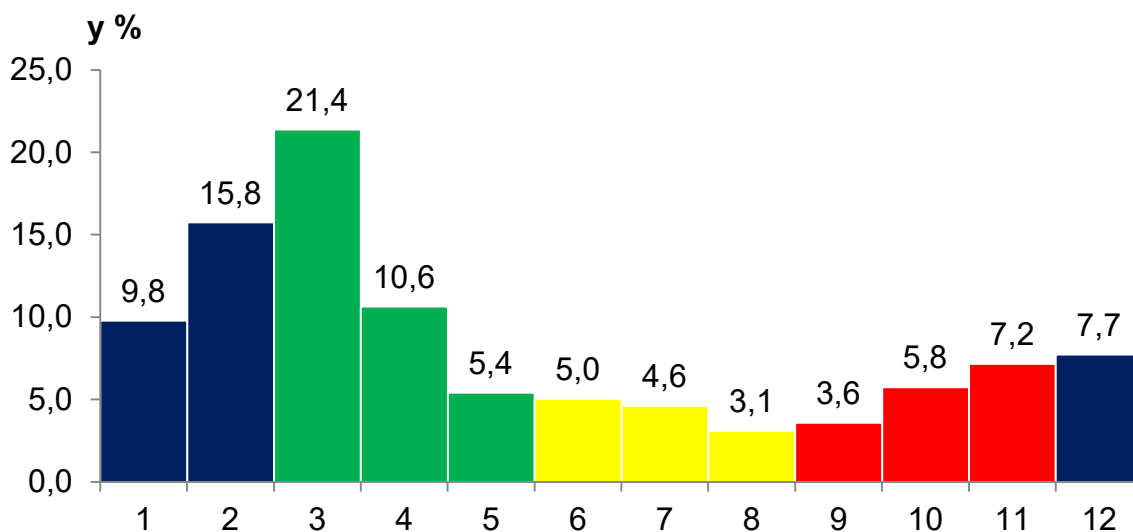


Рисунок 3.1 - Типовий розподіл річного стоку в басейні Сіверського Дінця

3.2 Розподіл внутрішньорічного стоку по характерних роках

Розрахункові моделі передбачають визначення характеристик розподілу внутрішньорічного стоку із зазначенням ймовірності перевищення стоку за рік, лімітуючі періоди та сезони [9].

До характерних відносять розподіл стоку у багатоводний, середньоводний та маловодний роки (табл. 3.1):

- багатоводний рік характеризується найбільшою річною витратою води: для р. Сіверський Донець – м. Чугуїв - це 1963 р.; для р. Красна – с Червонопопівка – 1964 рік, а для р. Казенний Торець - смт Райське – 2003 р.;

- середній за водністю рік вибирається таким чином, щоб у цьому році середня місячна витрата води наближалась до середньої багаторічної величини, а розподіл по місяцях найкраще відповідав моделі типового фіктивного року.

- маловодний рік відрізняється найменшою за період спостережень середньомісячні витратою води: р. Сіверський Донець – м. Чугуїв та р. Красна – с. Червонопопівка - 1975 р, а р. Казенний Торець - смт Райське – 1956 р.

По щомісячних витратах води та у відсотках, наведених у табл. 3.1, побудовані сумісні графіки (рис 3.2-3.3) для багатоводного, середньоводного та маловодного років [14]-[15].

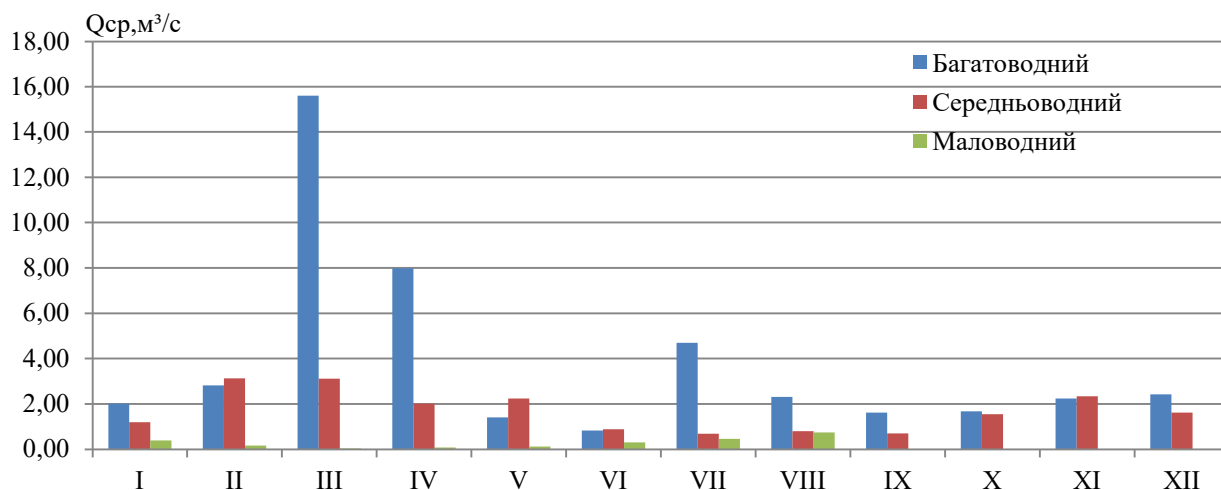
По ординаті розміщуються витрати води, а по абсцисі - місяці року, причому відносяться середньомісячні витрати на середину часових інтервалів. Умовно з'єднуючи точки на рис. 3.2, отримаємо свого роду згладжені гідрографи, які незалежно від водності року усі мають одновершинну форму. Максимальні витрати води припадають як у багатоводному так і у середньоводному роках на березень-квітень, а у маловодному – на травень.

При аналізі графіків (рис.3.3) розподілу стоку по місяцях в залежності від характеру року маємо, що у багатоводні роки водність місяців змінюється від 0,5 % до 83,7 %, у середній за водністю роки – від 2,3 % до 51,5 %, а у маловодні роки – від 0,3 % до 27,5 %.

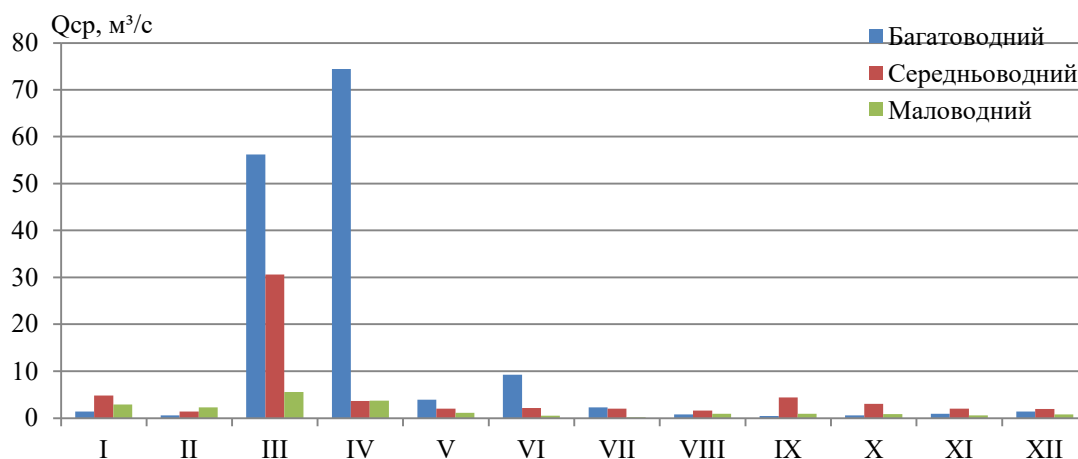
Таблиця 3.1 - Середні місячні і річні витрати води у характерні за водністю роки (м³/с) на річках басейну Сіверський Донець

Характерні роки	Рік	Витрати води, м ³ /с												Q _{ср365} , м ³ /с
		у %												
р. Казенний Торець - смт Райське, F=936 км ²														
Багатоводний	2003	2,01	2,82	15,60	7,98	1,40	0,83	4,70	2,31	1,61	1,67	2,24	2,42	45,6
	у %	4,4	6,2	34,2	17,5	3,1	1,8	10,3	5,1	3,5	3,7	4,9	5,3	
Середньоводний	2009	1,19	3,12	3,11	2,01	2,24	0,88	0,68	0,79	0,69	1,55	2,33	1,61	20,2
	у %	5,9	15,4	15,4	10,0	11,1	4,4	3,4	3,9	3,4	7,7	11,5	8,0	
Маловодний	1962	0,79	1,82	2,07	1,08	0,38	0,16	0,026	0,077	0,12	0,3	0,45	0,74	8,0
	у %	9,9	22,7	25,8	13,5	4,7	2,0	0,3	1,0	1,5	3,7	5,6	9,2	
р. Красна - с Червонопопівка, F=2540 км ²														
Багатоводний	1964	1,4	0,59	56,2	74,4	3,89	9,24	2,28	0,77	0,46	0,56	0,88	1,37	152,0
	у %	0,9	0,4	37,0	48,9	2,6	6,1	1,5	0,5	0,3	0,4	0,6	0,9	
Середньоводний	1988	4,79	1,38	30,60	3,62	1,98	2,11	2,01	1,62	4,39	3,06	1,99	1,91	59,5
	у %	8,1	2,3	51,5	6,1	3,3	3,5	3,4	2,7	7,4	5,1	3,3	3,2	
Маловодний	1975	2,91	2,26	5,57	3,72	1,14	0,49	0,13	0,92	0,91	0,84	0,55	0,79	20,2
	у %	14,4	11,2	27,5	18,4	5,6	2,4	0,6	4,5	4,5	4,2	2,7	3,9	
р. Сіверський Донець - м Чугуїв, F=10300 км ²														
Багатоводний	1963	2,87	5,01	11,30	446,00	34,90	8,02	5,60	3,84	3,17	3,26	5,27	3,44	532,7
	у %	0,5	0,9	2,1	83,7	6,6	1,5	1,1	0,7	0,6	0,6	1,0	0,6	
Середньоводний	1990	17,60	22,50	26,30	16,90	16,10	16,10	16,90	17,40	18,80	16,10	18,30	21,00	224,0
	у %	7,9	10,0	11,7	7,5	7,2	7,2	7,5	7,8	8,4	7,2	8,2	9,4	
Маловодний	1975	5,02	7,27	8,10	7,54	3,84	3,84	2,49	2,74	4,65	6,61	3,43	3,03	58,6
	у %	8,6	12,4	13,8	12,9	6,6	6,6	4,3	4,7	7,9	11,3	5,9	5,2	

А) р. Казенний Торець - смт Райське, F=936 км²



Б) р. Красна - с Червонопопівка, F=2540 км²



В) р. Сіверський Донець - м Чугуїв, F=10300 км²

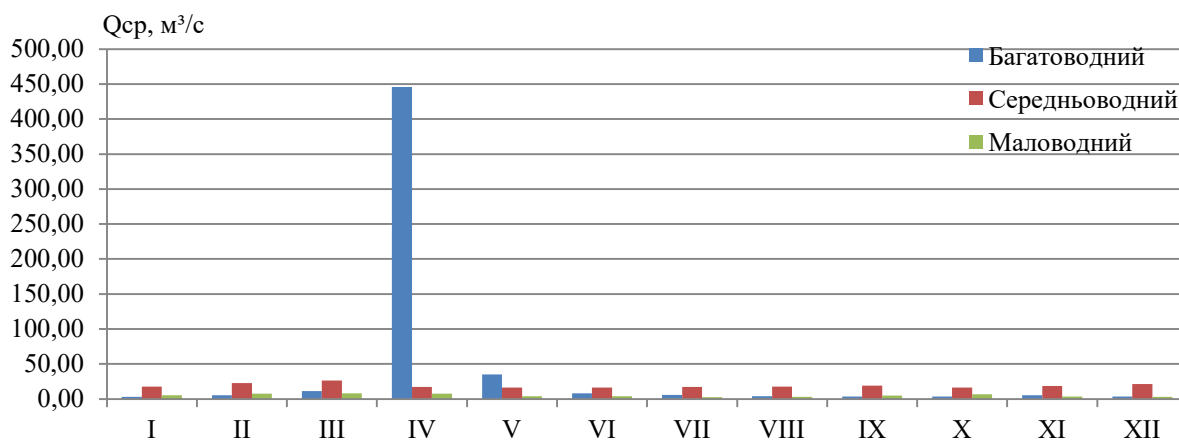
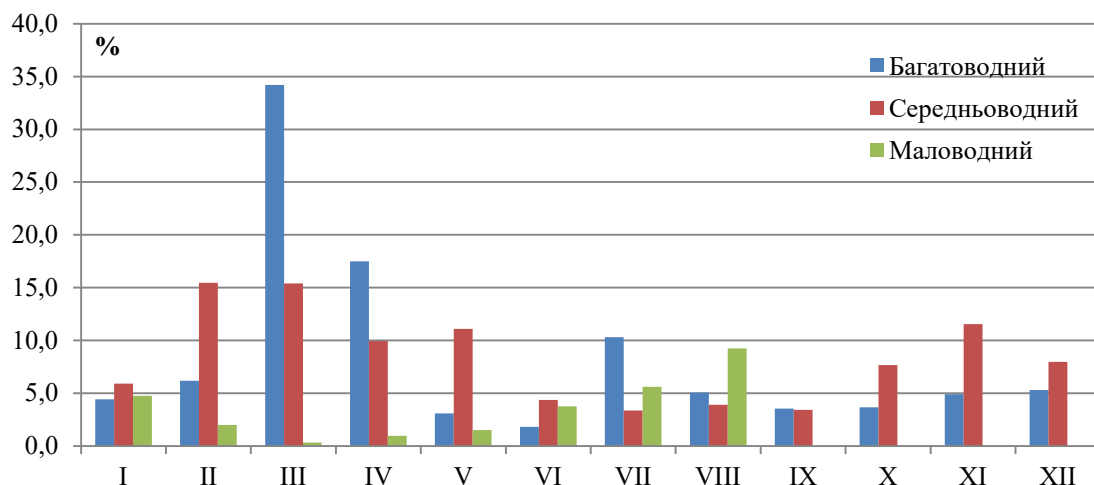
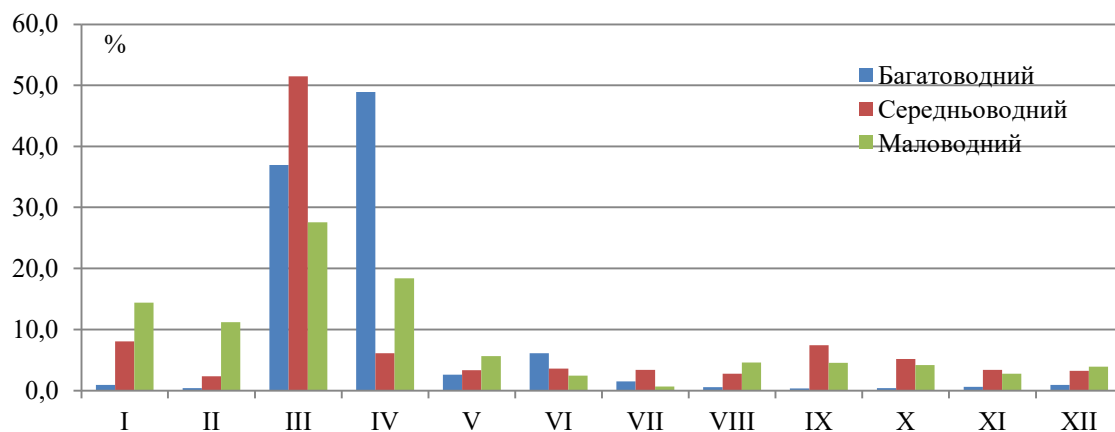


Рисунок 3.2 – Внутрішньорічний розподіл стоку річок за моделями характерних років (м³/с) на річках басейну Сіверський Донець

А) р. Казенний Торець - смт Райське, F=936 км²



Б) р. Красна - с Червонопопівка, F=2540 км²



В) р. Сіверський Донець - м Чугуїв, F=10300 км²

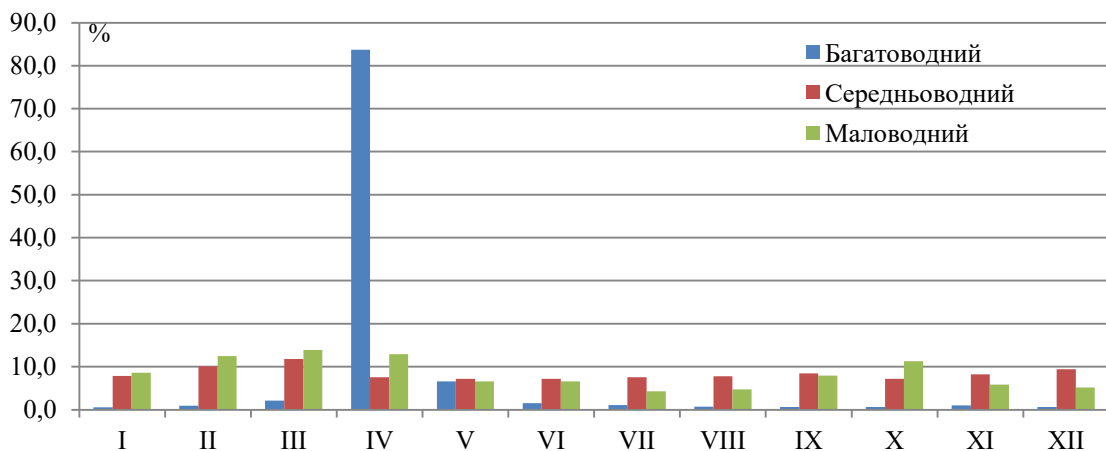


Рисунок 3.3 - Внутрішньорічний розподіл стоку річок за моделями характерних років (у %) на річках басейну Сіверський Донець

3.3 Внутрішньорічний розподіл стоку за методом компонування

За методом компонування внутрішньорічного розподілу стоку дослідженої річки в залежності від типу водного режиму, від об'єкта проектування і характеру використання стоку тієї чи іншої річки водогосподарський рік поділяється на два (різних за тривалістю в різних умовах) періоди – лімітуючий і нелімітуючий.

В свою чергу лімітуючий період поділяється на два сезони – лімітуючий і нелімітуючий. Межі сезонів призначаються єдиними для всіх років з округленням до місяця [9].

Проектування об'єктів водогосподарського призначення здійснюється на нормативно-задану забезпеченість, $P\%$.

При розрахунковому внутрішньорічному розподілі регламентується стік року, лімітуючих періодів і сезонів.

Завдяки довільному поєднанню складових річного стоку окремих років, сума величин сезонного стоку заданої ймовірності перевищення, як правило, не співпадає з ймовірнісним значенням сумарного стоку.

В.Г.Андреянов запропонував метод компонування, за яким нев'язки розподіляються рівномірно всередині року. На початку рік розбивається на два періоди – весну (нелімітуючий) і межень (лімітуючий). Стік року і межені визначається, виходячи із заданої ймовірності перевищення $P\%$, а стік за весну отримують за різницею річної та меженною сумами і по кривій забезпеченості весняного сезону встановлюють його забезпеченість P_1 .

Аналогічно меженний період розбивається на два сезони: літо-осінь (нелімітуючий) і зима (лімітуючий). Тоді стік нелімітуючого сезону знаходиться за різницею між сумами за межінь та зиму.

Розрахункова ймовірність P_2 нелімітуючого сезону знаходиться по відповідній кривій забезпеченості. Отже за методом компонування сума витрат води за рік визначається за рівнянням вигляду:

$$(\sum_{\text{рік}} Q)_P = (\sum_{\text{весна}} Q)_{P1} + (\sum_{\text{літо-осінь}} Q)_{P2} + (\sum_{\text{зима}} Q)_P \quad (3.1)$$

Наступною частиною розрахункової моделі внутрішньорічного розподілу стоку є складання схем його внутрішньосезонного розподілу.

Типові схеми всередині окремих сезонів розраховуються не для всього періоду спостережень, а по групах водності – багатоводної, середньоводної і маловодної. Виділення груп водності виконується на основі ранжованих у порядку убуття рядів сезонних сум середньомісячних витрат води. Верхня третина такого ряду (1- 33%) – багатоводні роки, нижня (67-100%) – маловоді, середня (34-66%) – середньоводні роки. У межах окремих груп проводиться осереднення місячних витрат води однакового номера в порядку убуття. Кожному середньому значенню приписується той календарний місяць, який для даного номера зустрічається найчастіше. Далі, в межах кожної групи підраховується відносний розподіл стоку по місяцях у відсотках від величини стоку за даний сезон [9].

Для досліджуваних водозборів побудовані емпіричні криві забезпеченості сум середньомісячних витрат води р. Казенний Торець - смт Райське, р. Красна - с Червонопопівка та третій р. Сіверський Донець - м Чугуїв за водогосподарський рік, лімітуючий період та сезон, які наведені на рис. 3.4-3.6.

Для кожного з трьох водозборів було знято значення сум середньомісячних витрат води для забезпеченості 97 % (для потреб комунального водопостачання) та сформована табл. 3.2 визначення внутрішньорічного розподілу стоку.

Стік нелімітуючого періоду визначається як різниця стоку за рік та лімітуючий період, а стік нелімітуючого сезону відповідно різниця стоку лімітуючого періоду і сезону. Спираючись на побудовані за даними табл. Б.1- Б.3 (дод. Б) емпіричні криві $(\sum_{\text{н.л.п.}} Q_{\text{міс}}) = f(P)$ та $(\sum_{\text{н.л.с.}} Q_{\text{міс}}) = f(P)$, що наведені на рис. 3.5-3.9 для досліджуваних постів на річках басейну Сіверський Донець, встановлюються відповідні забезпеченості для нелімітуючого періоду та сезону табл. 3.2.

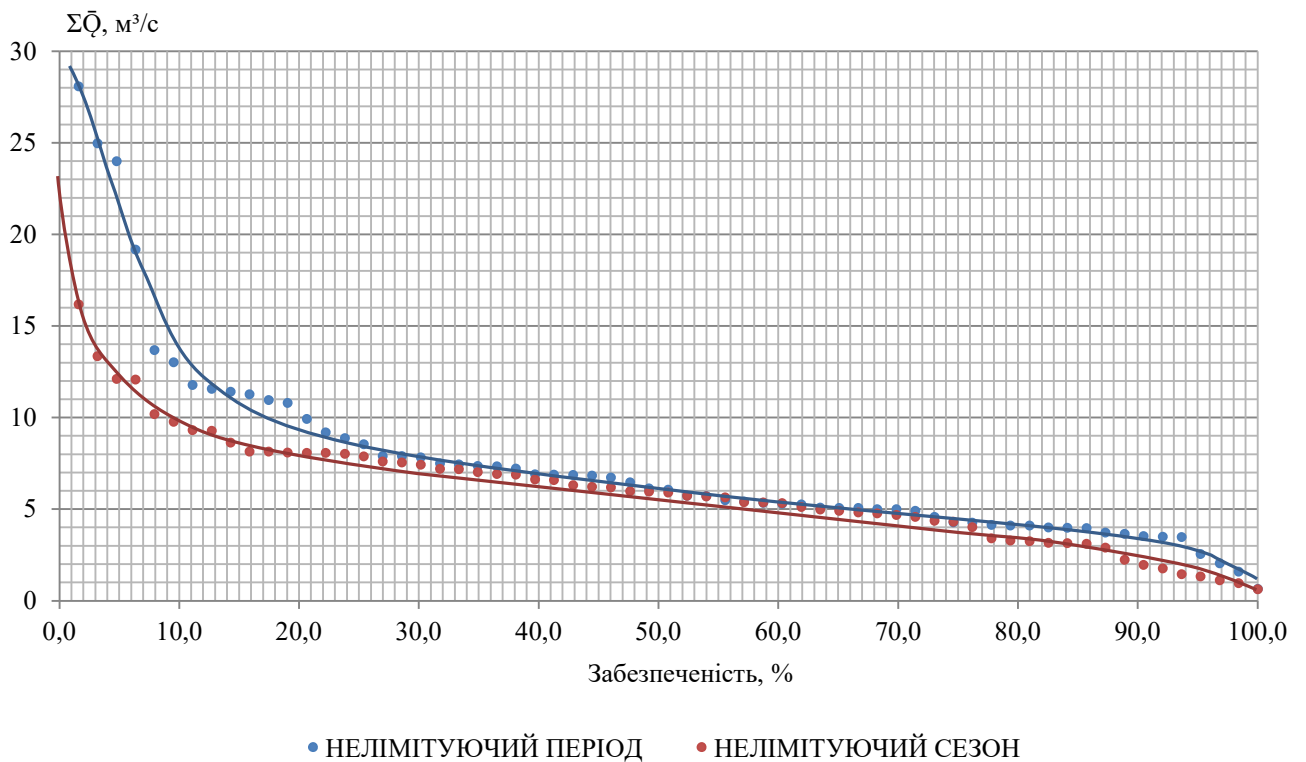
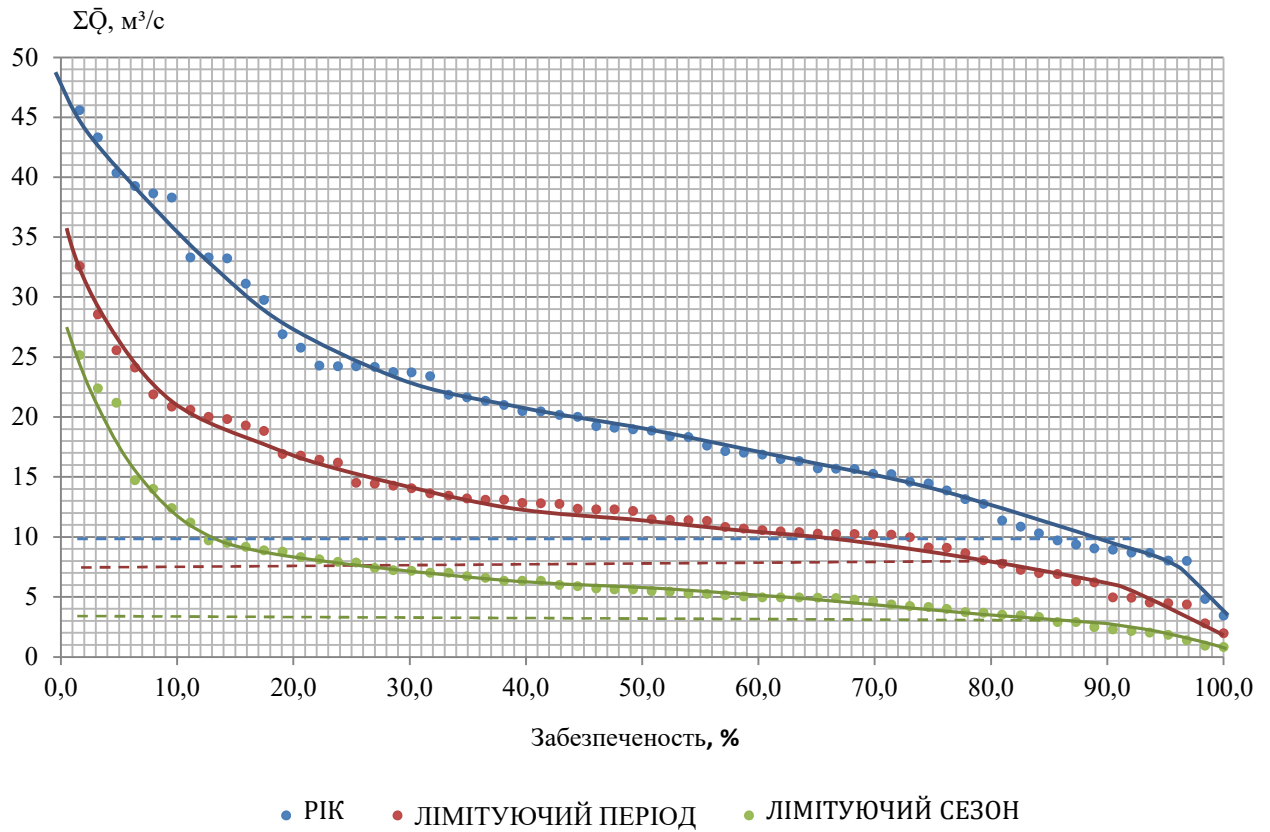


Рисунок 3.4 - Емпіричні криві забезпеченості сум середньомісячних витрат води р. Казенний Торець - смт Райське

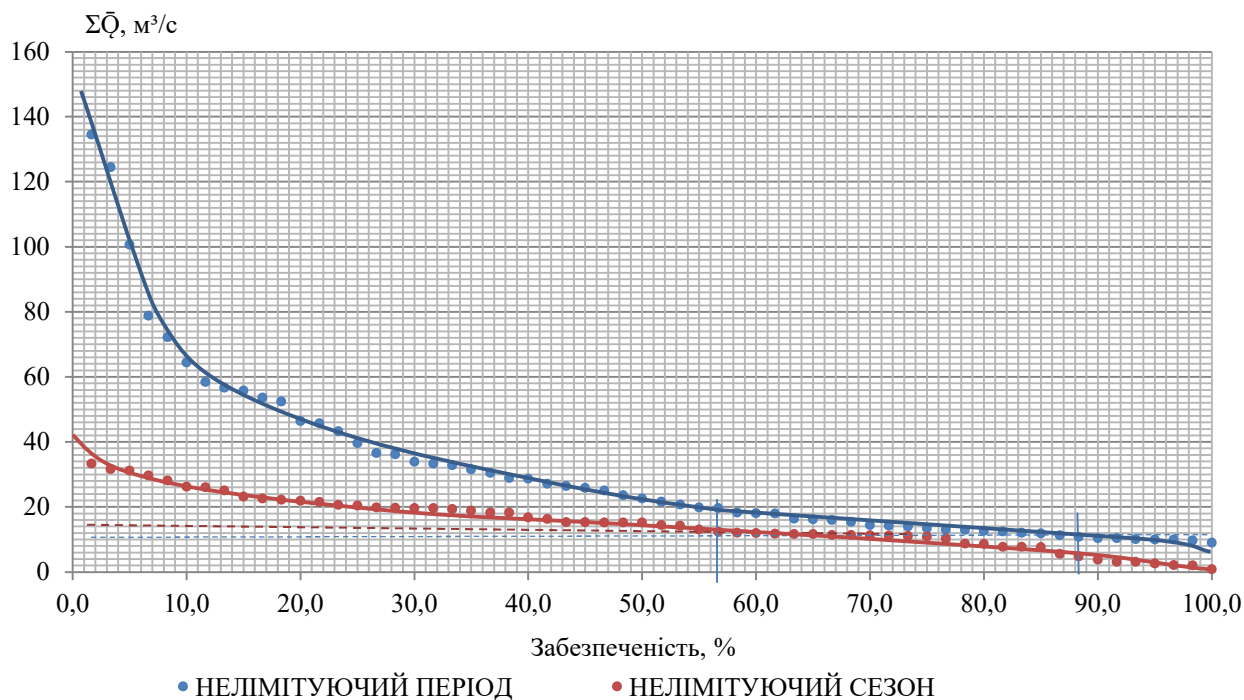
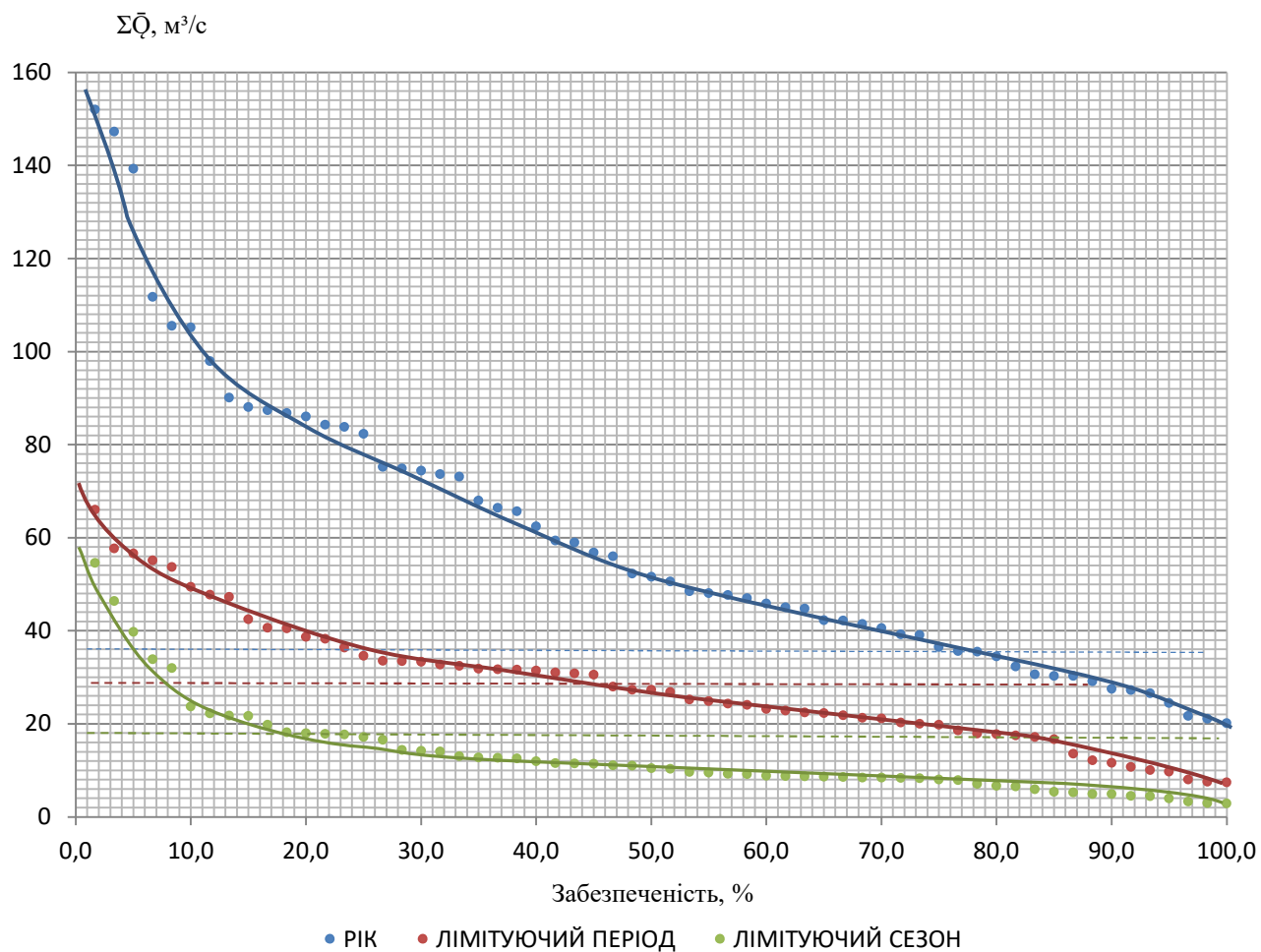


Рисунок 3.5 - Емпіричні криві забезпеченості сум середньомісячних витрат води р. Красна - с Червонопопівка

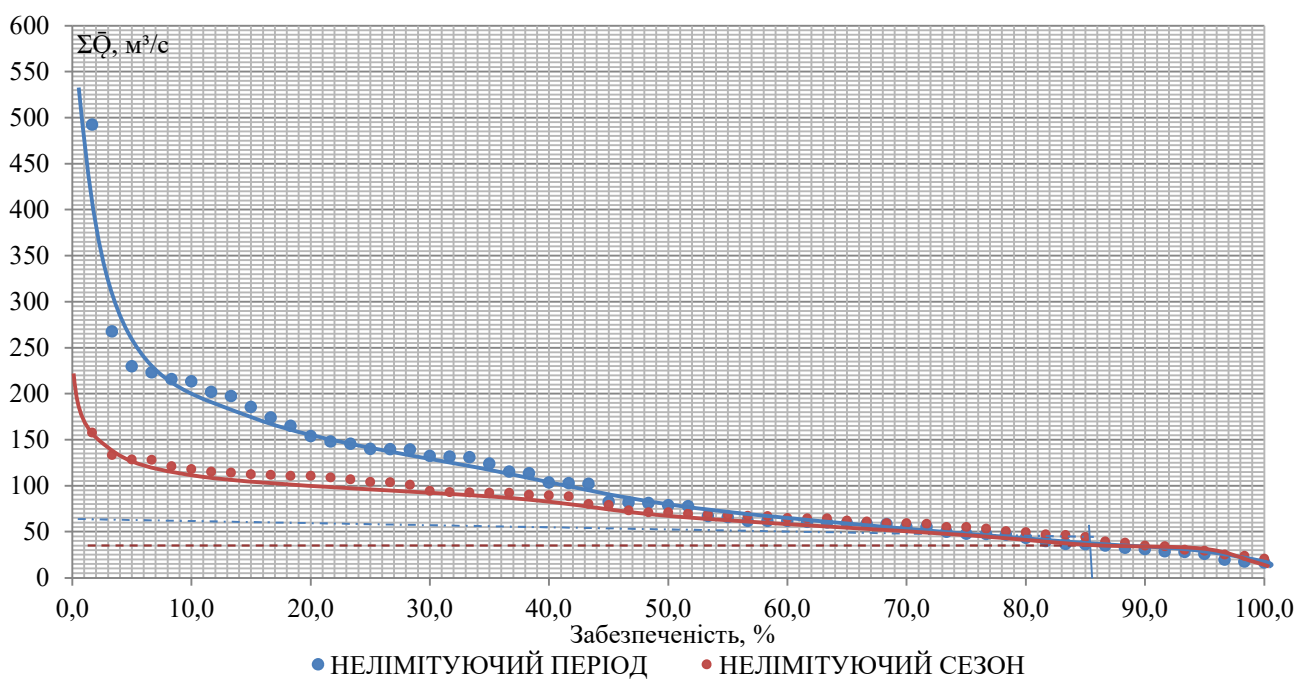
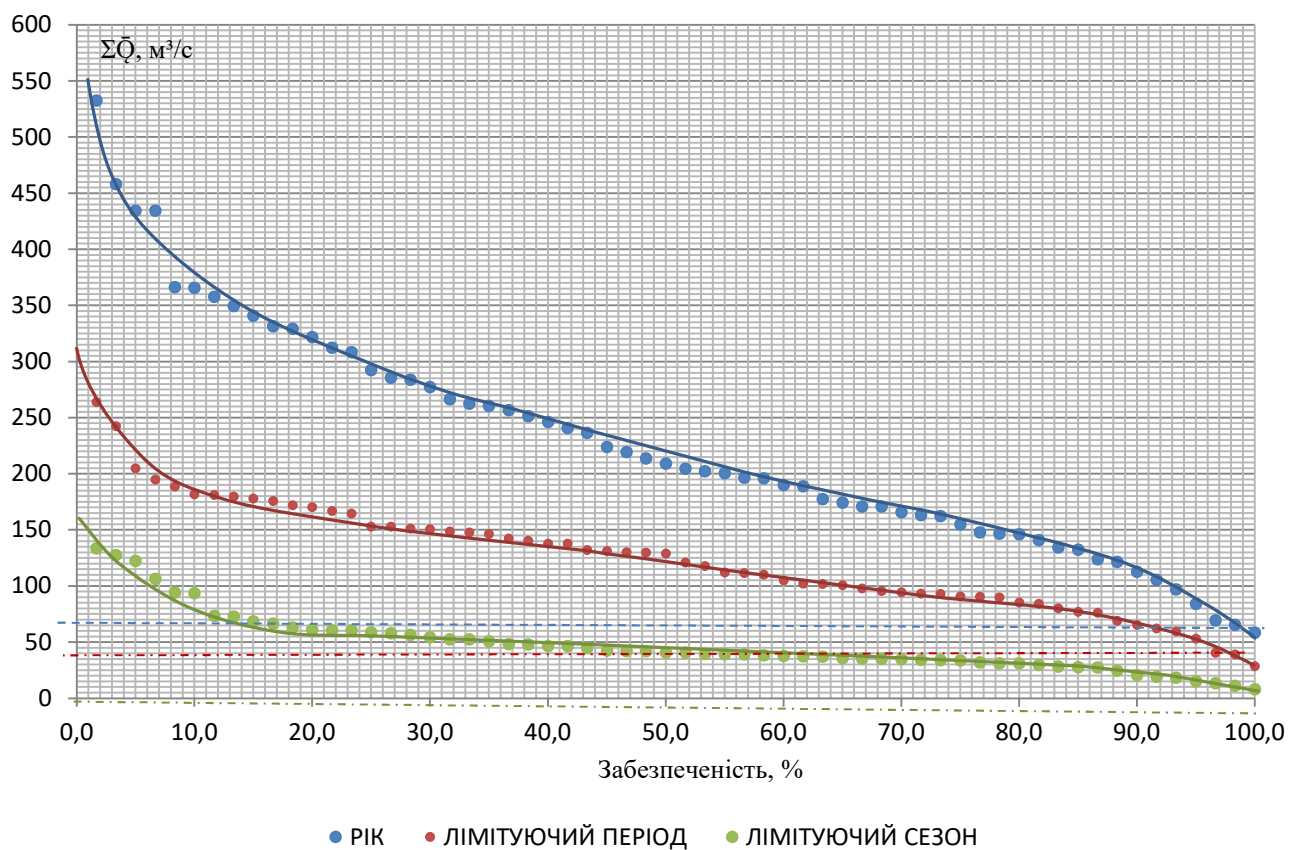


Рисунок 3.6 - Емпіричні криві забезпеченості сум середньомісячних витрат води р. Сіверський Донець - м Чугуїв

Заключним етапом виконана оцінка величини стоку у відсотках для кожного періоду та сезону від річного (табл. 3.2).

Аналізуючи отримані результати внутрішньорічного розподілу стоку на річках басейну Сіверський Донець, можна відмітити, що найбільша частина стоку припадає на лімітуючий період (VI-II): р. Сіверський Донець - м Чугуїв та р. Красна – с. Червонопопівка – по 75,0 %, відповідно, а на р. Казенний Торець - смт Райське - 58,0 %.

Таблиця 3.2 – Внутрішньорічний розподіл стоку ймовірністю перевищення $P = 97\%$ на річках басейну Сіверський Донець

Періоди і сезони	Місяці	($\Sigma q_{міс}$), м ³ /с	у % від річного
р. Казенний Торець - смт Райське, F=936 км²			
Водогосподарський рік (97%)	III-II	8	100
Лімітуючий період (97%)	VI-II	6	75,0
Лімітуючий сезон (97%)	XII-II	3	37,5
Нелімітуючий період (59%)	III-V	2	25,0
Нелімітуючий сезон (97%)	VI-XI	3	37,5
р. Красна – с. Червонопопівка, F=2540 км²			
Водогосподарський рік (97%)	III-II	24	100
Лімітуючий період (97%)	VI-II	18	75,0
Лімітуючий сезон (97%)	XII-II	9	37,5
Нелімітуючий період (56%)	III-V	6	25,0
Нелімітуючий сезон (88%)	VI-XI	9	37,5
р. Сіверський Донець – м. Чугуїв, F=10300 км²			
Водогосподарський рік (97%)	III-II	77	100
Лімітуючий період (97%)	VI-II	45	58,0
Лімітуючий сезон (97%)	XII-II	22	28,0
Нелімітуючий період (85%)	III-V	32	42,0
Нелімітуючий сезон (85%)	VI-XI	23	30,0

3.4 Порівнювальний аналіз внутрішньорічного розподілу визначеного різними методами

В результаті розрахунків внутрішньорічного розподілу стоку на річках басейну Сіверського Дінця за трьома методами встановлено:

- за типовим розподілом стоку весняний стік складає 37,2-52,9 % від річного стоку, а межень, відповідно, - 47,1-62,8 %, тоді у літньо-осінній сезон формується від 24,8 % до 33,6 %, а у зимовий – 21,1-33,3 %;
- за моделями характерних років маємо такий розподіл стоку:
 - а) у *багатоводний* рік: весна – 54,8-92,4 %, межень – 7,6-45,2 % (літо-осінь – 5,5-29,3%, зима – 2,1-15,9 %);
 - б) у *середній* за водністю рік: весна – 26,5-60,9 %, межень – 73,5-39,1 % (літо-осінь – 25,5-46,3%, зима – 13,6-29,3 %);
 - в) у *маловодний* рік: весна – 33,3-51,6 %, межень – 66,7-49,4 % (літо-осінь – 14,1-40,6%, зима – 26,2-41,8 %);
- за методом компонування: весняний стік – 25,0-42,0%, межень – 58,0-75,0% при літньо-осінньому стоці 29,9-37,5 %, а зимовому – 28,6-37,5 %.

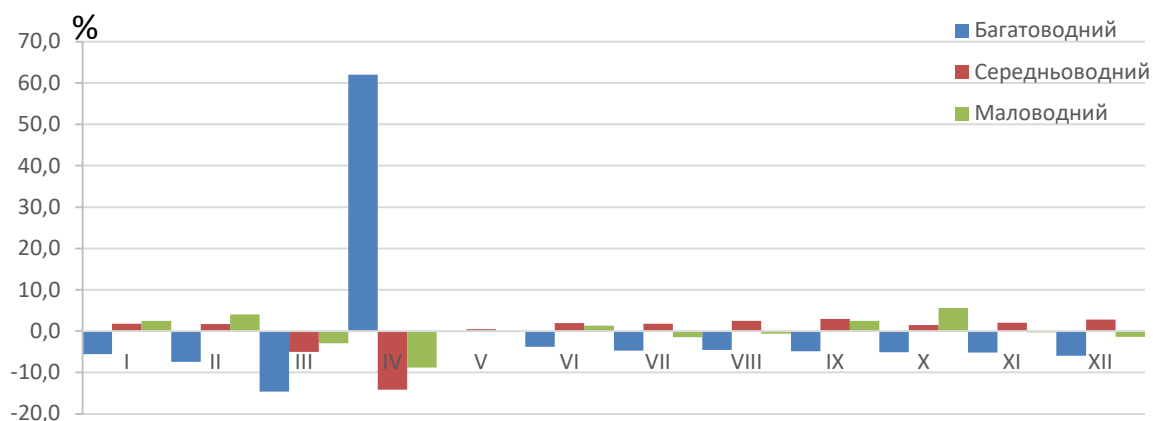
На рис. 3.7 приведені графіки відхилень розрахованих розподілів стоку за моделями характерних років у порівнянні із типовим розподілом стоку за багаторічний період спостережень свідчить, показують, що у весняний період різниця може сягати від -18,5 % до +62,0 %, у межений період відмінність у стоці менша від -11,2 % до +5,6 %.

Тоді як, при порівнянні розподілу стоку визначених за методом компонування та типовим розподілом маємо зниження стоку у весняний сезон на -3,3-27,9 %, а у межень завищення на +11,3-27,9 %.

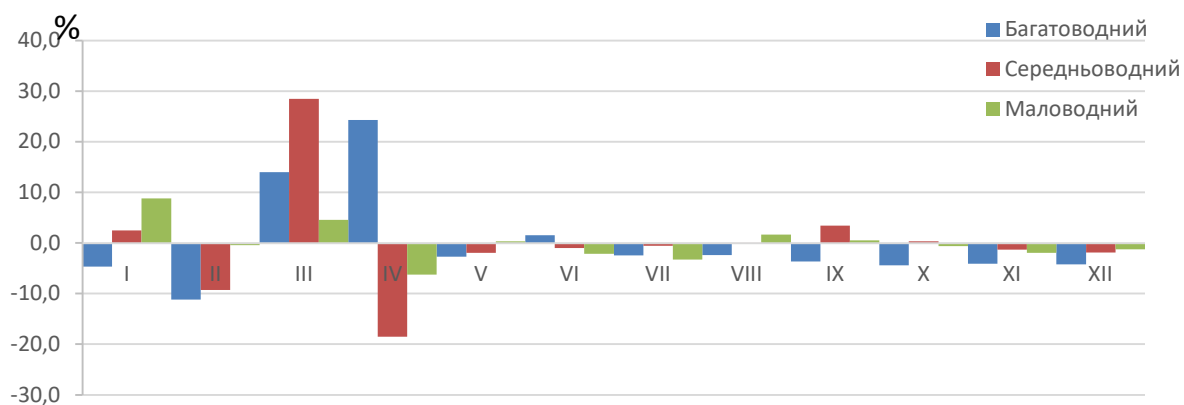
Таблиця 3.3 – Внутрішньорічний розподіл стоку річок басейну Сіверський Донець за багаторічний період (у %)

Метод розрахунку	Весна			Літо			Осінь			Зима		Межень VI-II	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I		II
р. Сіверський Донець – м. Чугуїв, F=10300 км ²													
Типовий розподіл	6,1	8,4	16,8	21,7	6,8	5,3	5,8	5,3	5,4	5,7	6,2	6,6	54,7
За багатоводний рік	0,5	0,9	2,1	83,7	6,6	1,5	1,1	0,7	0,6	0,6	1,0	0,6	7,60
За середній по водності рік	7,9	10,0	11,7	7,5	7,2	7,2	7,5	7,8	8,4	7,2	8,2	9,4	73,5
За маловодний рік	8,6	12,4	13,8	12,9	6,6	6,6	4,3	4,7	7,9	11,3	5,9	5,2	66,7
За методом компонування	42,0			29,9						28,6		58,0	
р. Красна – с. Червонопопівка, F=2540 км ²													
Типовий розподіл	5,6	11,6	23,0	24,6	5,3	4,6	3,9	2,9	4,0	4,8	4,7	5,1	47,1
За багатоводний рік	0,9	0,4	37,0	48,9	2,6	6,1	1,5	0,5	0,3	0,4	0,6	0,9	11,5
За середній по водності рік	8,1	2,3	51,5	6,1	3,3	3,5	3,4	2,7	7,4	5,1	3,3	3,2	39,1
За маловодний рік	14,4	11,2	27,5	18,4	5,6	2,4	0,6	4,5	4,5	4,2	2,7	3,9	48,4
За методом компонування	25,0			37,5						37,5		75,0	
р. Казенний Торець - смт Райське, F=936 км ²													
Типовий розподіл	9,7	15,4	20,9	10,8	5,6	5,0	4,7	3,2	3,7	5,9	7,4	7,8	62,8
За багатоводний рік	4,4	6,2	34,2	17,5	3,1	1,8	10,3	5,1	3,5	3,7	4,9	5,3	45,2
За середній по водності рік	5,9	15,4	15,4	10,0	11,1	4,4	3,4	3,9	3,4	7,7	11,5	8,0	63,6
За маловодний рік	9,9	22,7	25,8	13,5	4,7	2,0	0,3	1,0	1,5	3,7	5,6	9,2	55,9
За методом компонування	25,0			37,5						37,5		75,0	

а) р. Сіверський Донець – м. Чугуїв, F=10300 км²



б) р. Красна – с. Червонопопівка, F=2540 км²



в) р. Казенний Торець - смт Райське, F=936 км²

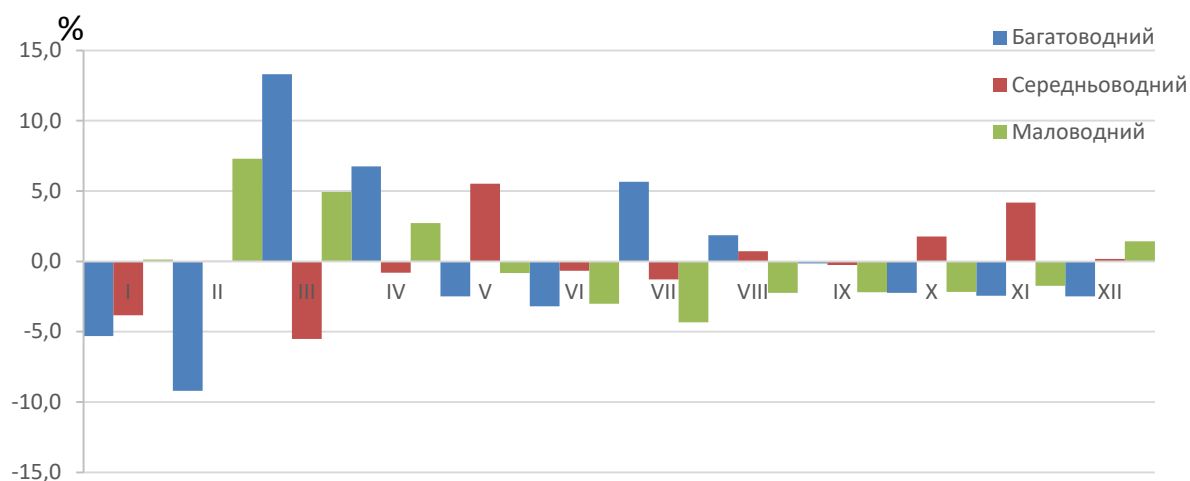


Рисунок 3.7 – Графіки відхилень середньомісячного стоку (у %) від типового внутрішньорічного розподілу стоку за багаторічний період на річках басейну Сіверський Донець

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра присвячена вирішенню актуального питання щодо розрахунку сучасного водного режиму річок басейну Сіверського Дінця в межах України. Досліджено умови формування стоку на річках, проаналізовані стокові ряди середньомісячних та середньорічних витрат води.

За результатами виконаних завдань кваліфікаційної роботи бакалавра отримані висновки:

- 1) Формування річного стоку залежить від фізико-географічних особливостей досліджуваного регіону;
- 2) Досліджувані водозбори розташовані у рівнинній частині північно-східної частини України лісостепової природної зони з помірно континентальним кліматом. Річна сума опадів складає 517 мм, де найбільша кількість опадів припадає на червень-липень (по 61 мм), а найменша на лютий-березень (по 33 мм);
- 3) Для дослідження річного стоку використані дані по 17 водозборах з площами водозборів від 189 км² (р. Лопань – смт Козача Лопань) до 22600 км² (р. Сіверський Донець – м. Ізюм) та періодами спостережень від 47 до 79 років;
- 4) За допомогою різницево-інтегральних кривих середньорічних витрат води на річках басейну Сіверського Дінця встановлено, що починаючи з 2006 року по всіх водозборах спостерігається маловодна фаза, проте можна виділити групу річок, на яких ця фаза настала раніше ще на початку 90-х. Наприклад, р. Вовча - м. Вовчанськ з 1994 року, р. Уди – смт Пересічне з 1988 року, р. Сіверський Донець – с. Огірцеве з 1995 року, тоді як на р. Айдар – смт Білолуцьк з 2011 року та р. Євсуг - смт Петрівка з 2007 року. Також можна відмітити, що річки басейну Сіверського Дінця були у протифазі, наприклад з 2002 по 2007 рік;

- 5) За побудованими хронологічними графіками середньорічних витрат води проведені лінії тренду, які показали, що із 17 водозборів лише 5 мають значущий до зменшення тренд. Інші мають незначущий тренд, проте всі вони мають від'ємний нахил;
- 6) Для річок басейну Сіверського Дінця визначені за методом моментів та найбільшої правдоподібності статистичні параметри часових рядів: середній багаторічний середньорічний модуль стоку змінюється від 1,21 л/(с·км²) (р. Сухий Торець – смт Черкаське) до 3,20 л/(с·км²) (р. Лопань - смт Козача Лопань). Діапазон коливання значення коефіцієнтів варіації 0,32-0,80 за методом моментів та 0,32-0,81 за методом найбільшої правдоподібності. Середнє співвідношення $C_s/C_v = 1,68$. Похибка вихідної інформації $\pm 6,4\%$, при допустимому значенні похибки вихідної інформації по річному стоку $\pm 10\%$;
- 7) Для розрахунку внутрішньорічного розподілу стоку в басейну р. Сіверський Донець обрано 3 водозбори: р. Сіверський Донець – м. Чугуїв ($F=10300$ км²), р. Красна – с. Червонопопівка ($F=2540$ км²) та р. Казенний Торець - смт Райське ($F=936$ км²), по яких встановлено, що:
- за типовим розподілом стік для р. Красна – с. Червонопопівка та р. Казенний Торець - смт Райське найбільший за водністю місяць – березень (25-30 %), тоді як для р. Сіверський Донець – м. Чугуїв – це квітень (22-28 %). Найбільш посушливий місяць для всіх річок басейну – серпень (на притоках 1,7-2,6%, по р. Сіверський Донець – 3,8-4,5 %). Таким чином, весною стік річок складає 37-55 % річного стоку, влітку – 7,7-13,5 %, восени – 10-24 % та взимку 22-33 %.
 - за моделлю характерних років максимальні витрати води припадають як у багатоводному так і у середньоводному роках на березень-квітень, а у маловодному – на травень. При аналізі графіків розподілу стоку по місяцях в залежності від характеру року маємо, що у багатоводні роки водність місяців змінюється від 0,5 % до 83,7 %, у середній за водністю роки – від 2,3 % до 51,5 %, а у маловодні роки – від 0,3 % до 27,5 %.

- 8) В результаті розрахунків внутрішньорічного розподілу стоку на річках басейну Сіверського Дінця за трьома методами встановлено:
- за типовим розподілом стоку весняний стік складає 37,2-52,9 % від річного стоку, а межень, відповідно, - 47,1-62,8 %, тоді у ліньо-осінній сезон формується від 24,8 % до 33,6 %, а у зимовий – 21,1-33,3 %;
 - за моделями характерних років маємо такий розподіл стоку:
 - а) у *багатоводний* рік: весна – 54,8-92,4 %, межень – 7,6-45,2 %;
 - б) у *середній* за водністю рік: весна – 26,5-60,9 %, межень – 73,5-39,1 %;
 - в) у *маловодний* рік: весна – 33,3-51,6 %, межень – 66,7-49,4 %;
 - за методом компонування: весняний стік – 25,0-42,0%, межень – 58,0-75,0%.
- 9) Порівняння розподілу стоку розрахованого за моделями характерних років у порівнянні із типовим розподілом стоку за багаторічний період спостережень показує, що у весняний період різниця може сягати від -18,5 % до +62,0 %, у межений період відмінність у стоці менша від -11,2 % до +5,6 %. Тоді як, при порівнянні розподілу стоку визначених за методом компонування та типовим розподілом маємо заниження стоку у весняний сезон на -3,3-27,9 %, а у межень завищення на +11,3-27,9 %.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ресурси поверхневих вод СРСР. Т.6. Україна і Молдавія. Вып.3. Басейн Северського Донця і ріки Приазов'я. Л.: Гидрометеоздат, 1967. 492 с.
2. Портал «Природа України» [Електронний ресурс] <https://geomap.land.kiev.ua/> (дата звернення 21.03.2022)
3. Вишневецький В. І. Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с
4. Швебс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
5. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
6. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландафтно-гідрологічний аналіз). Київ : Ніка-центр, 2010. 316 с.
7. Шакірманова Ж.Р., Бойко В.М., Погорелова М.П., Будкіна І.Є., Арестова О.В. Гідрологічні прогнози (за темою «Керівництво роботи з автоматизованим робочим місцем гідролога-прогнозіста АРМ-гідро»): методичні вказівки до чергувань. ОДЕКУ, Одеса, 2012. 58 с.
8. ВОДНИЙ КОДЕКС УКРАЇНИ (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст.189) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
9. Гідрологічні розрахунки: підручник / Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода, В.А. Овчарук. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
10. Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: Конспект лекцій. Одеса: Вид-во ОДЕКУ, 2005. 175 с.
11. Гопцій М.В., Акіньшина К.О., Корніловська Д.В. Моніторинг дат настання екстримальних гідрометеорологічних явищ в суббасейні Сіверського Дінця за багаторічний період. Другий Всеукраїнський гідрометеорологічний з'їзд: тези доповідей. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 7-9 жовтня 2021 року. С. 47-48

12. Акіньшина К.О. Аналіз гідрометеорологічних факторів при формуванні екстремального стоку в басейні Сіверського Дінця // Матеріали студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету 19-23 квітня 2021р., ОДЕКУ, Одеса – 2021. С.173.

13. Корніловська Д.В. Умови формування сезонного стоку в суббасейні р. Сіверський Донець // Матеріали студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету 19-23 квітня 2021р., ОДЕКУ, Одеса, 2021. С.177.

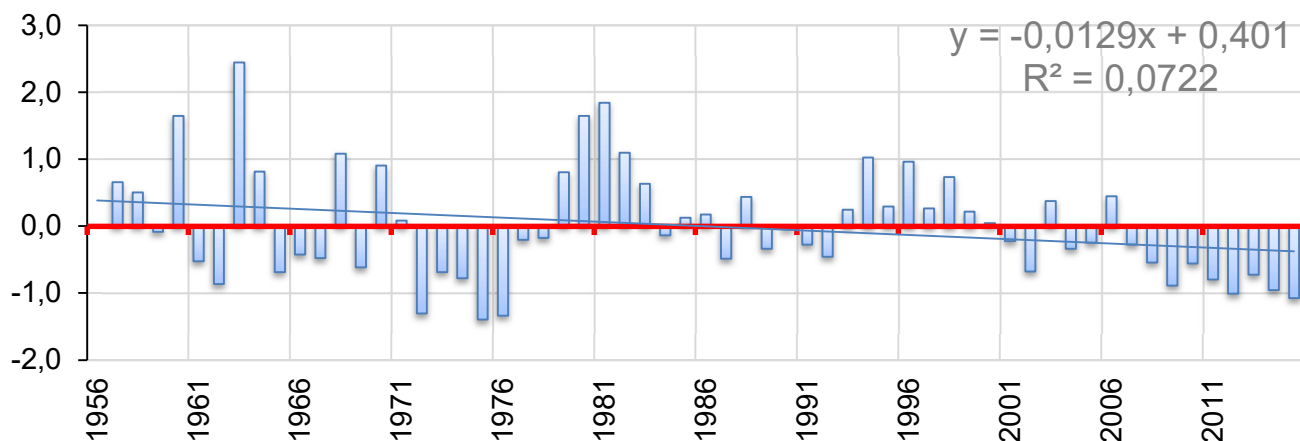
14. Акіньшина К.О. Оцінка просторово-часового розподілу та мінливості величини річного стоку в басейні Сіверського Дінця (в межах України) // Матеріали студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету 11-18 травня 2022 р., ОДЕКУ, Одеса, 2022. С. 197-198.

15. Акіньшина К.О. Величина річного стоку та його розподіл по місяцях на річках басейну Сіверського Дінця // Матеріали VI-го Всеукраїнського пленеру з питань природничих наук, 25-26 червня 2022 р. Одеса: ОДЕКУ, 2022. до друку

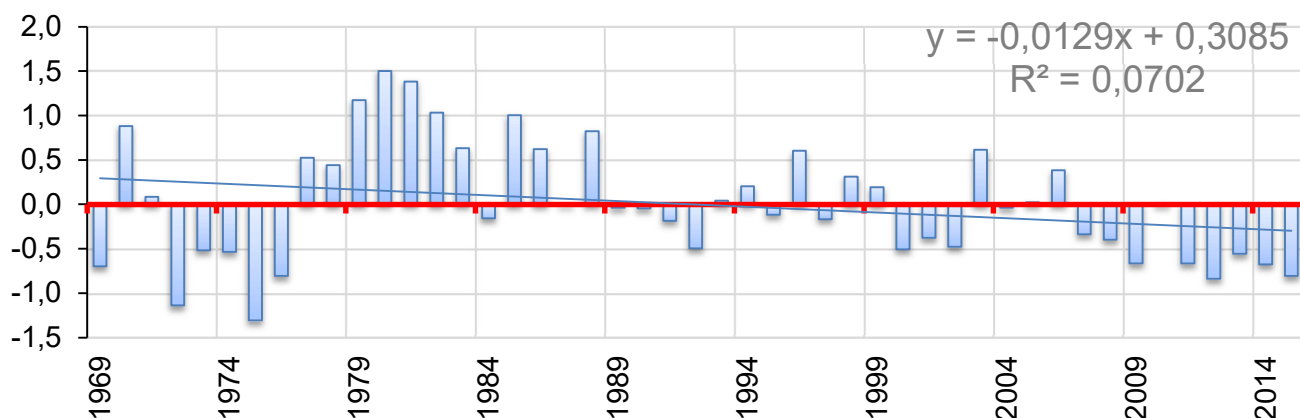
Додаток А

Мінливість величини річного стоку на річках басейну Сіверський Донець

р. Сіверський Донець - м. Чугуїв



р. Сіверський Донець - м. Ізюм



р. Уди - смт Пересічне

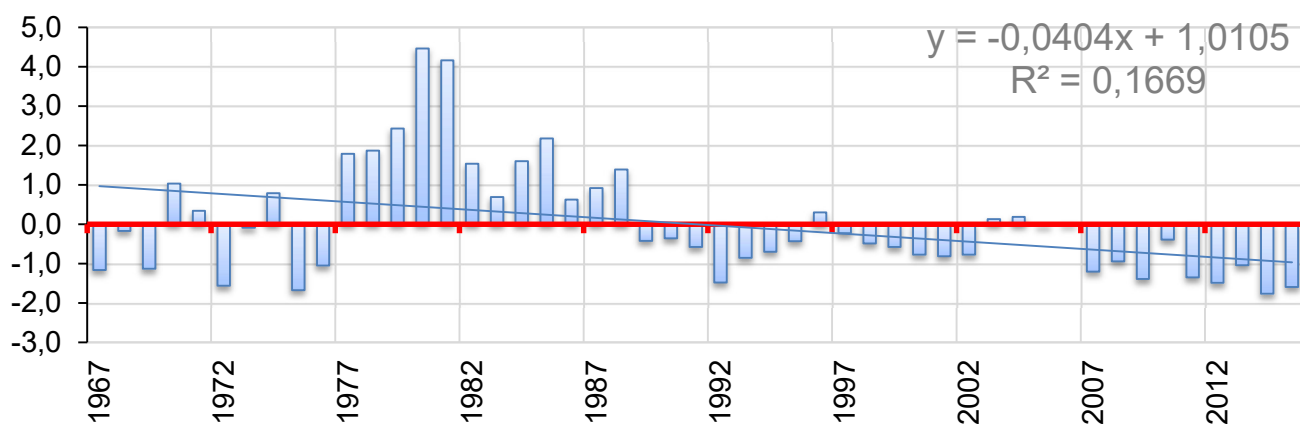
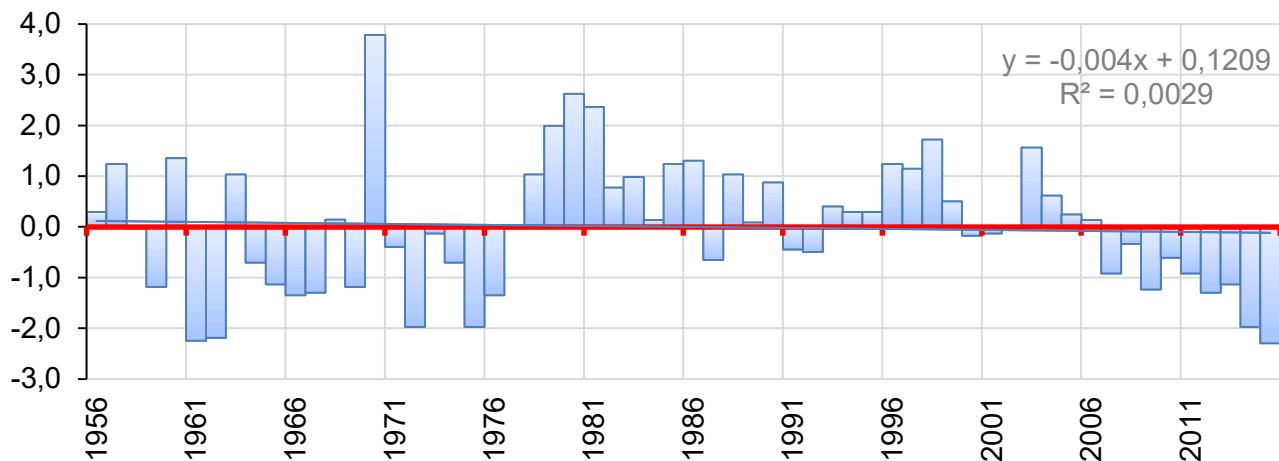
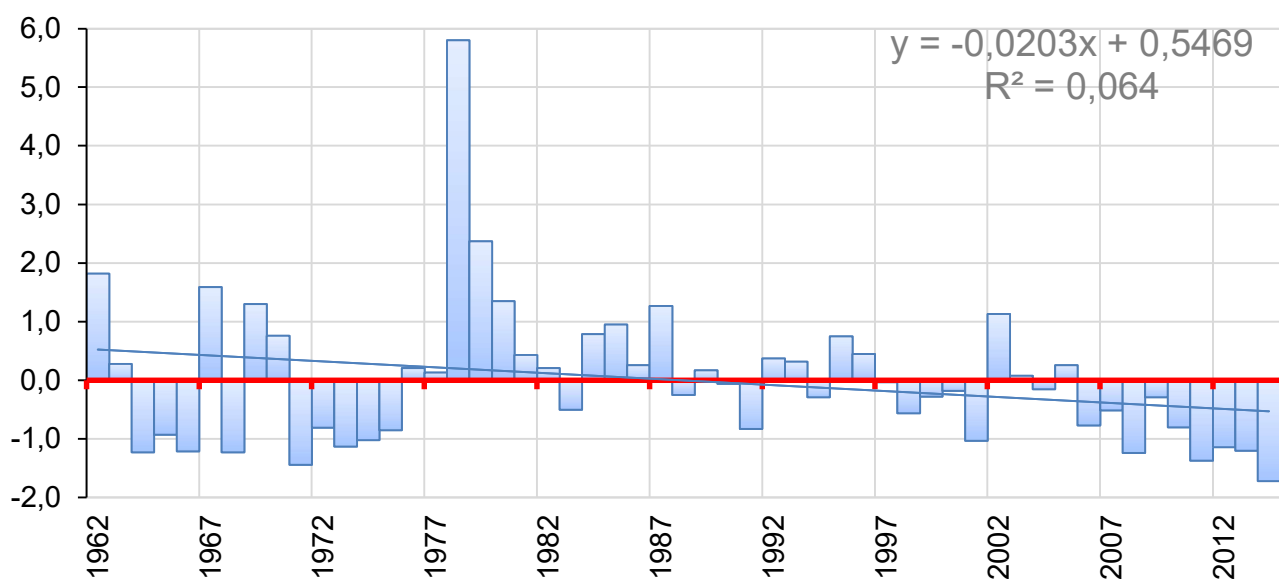


Рисунок А.1 – Графіки відхилень середньорічних витрат води від норми річного стоку на річках басейну Сіверський Донець, аркуш 1

р. Лопань - смт Козача Лопань



р. Харків - с. Циркуни



р. Оскіл - м. Куп'янськ

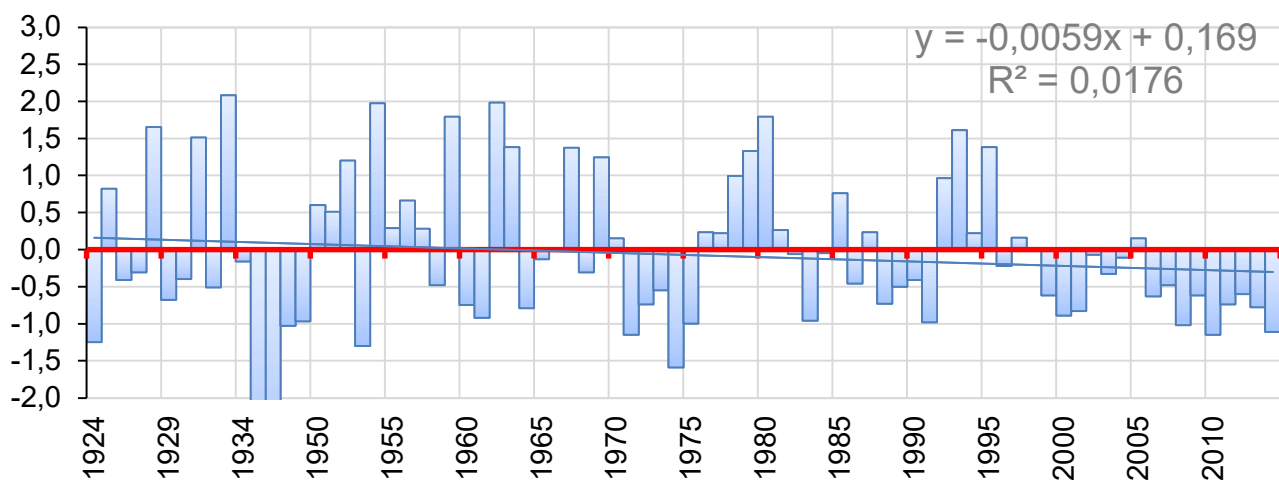
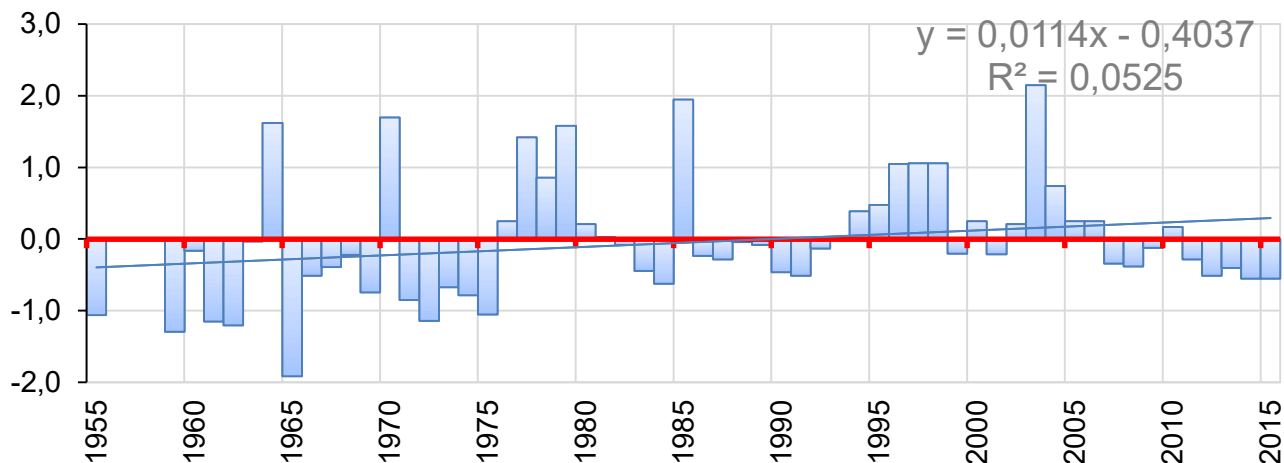
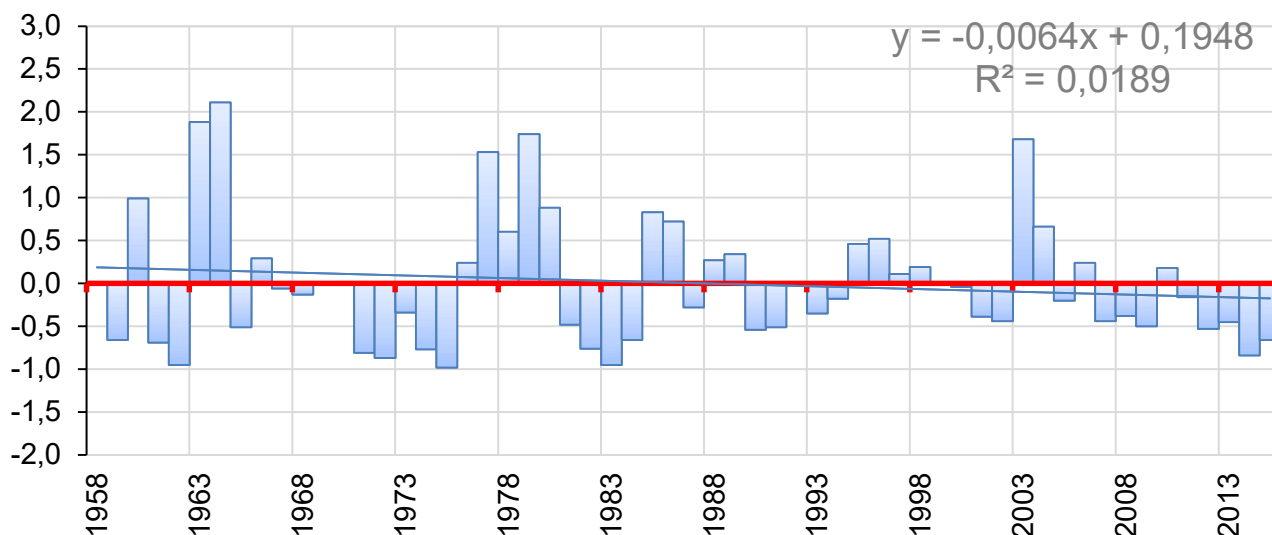


Рисунок А.1 – Графіки відхилень середньорічних витрат води від норми річного стоку на річках басейну Сіверський Донець, аркуш 2

р. Казенний Торець – смт Райське



р. Сухий Торець – смт Черкаське



р. Бахмут - м. Сіверськ

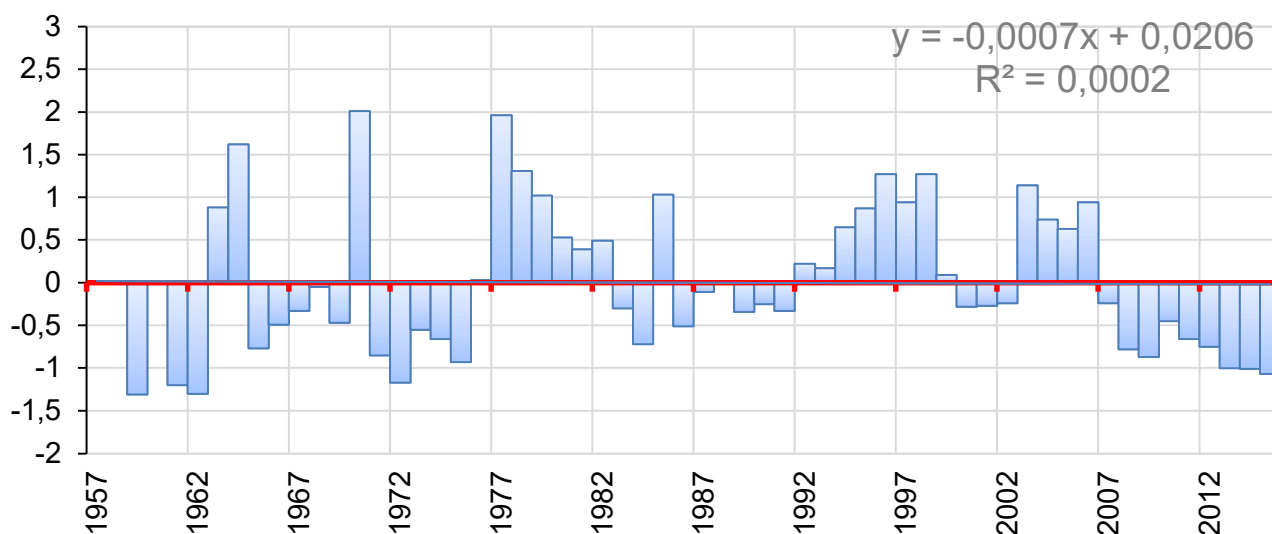
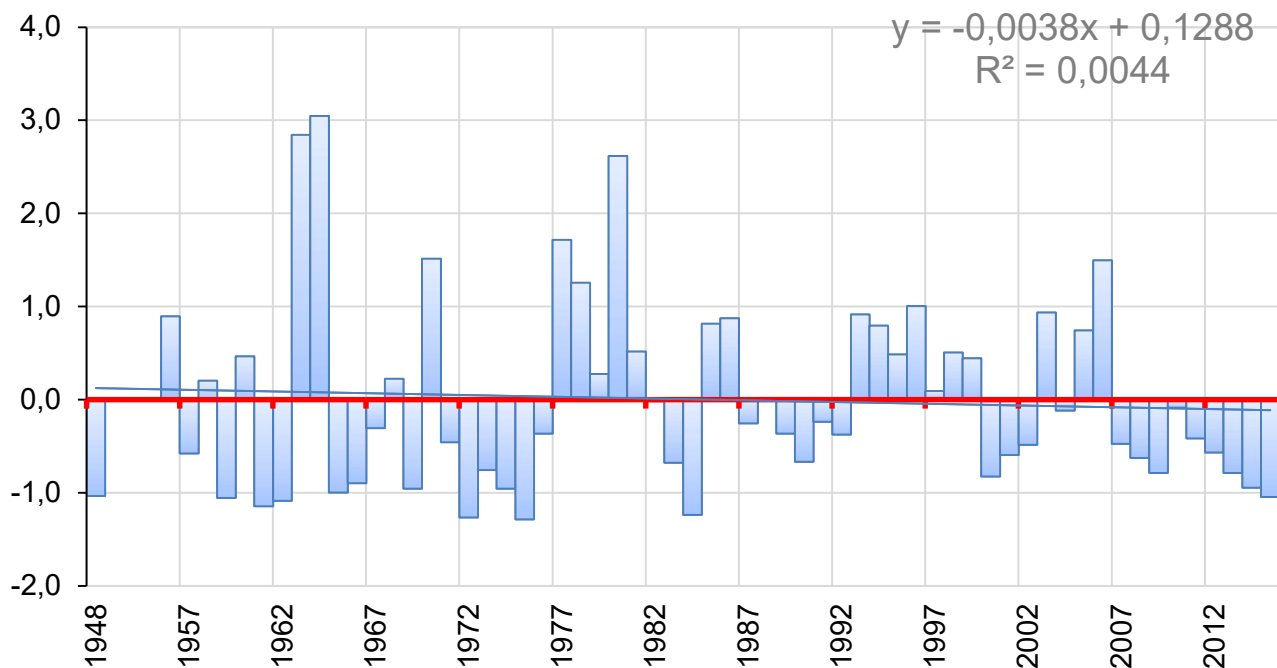


Рисунок А.1 – Графіки відхилень середньорічних витрат води від норми річного стоку на річках басейну Сіверський Донець, аркуш 3

р. Красна - с.Червонопопівка



р. Айдар - смт Білолуцьк

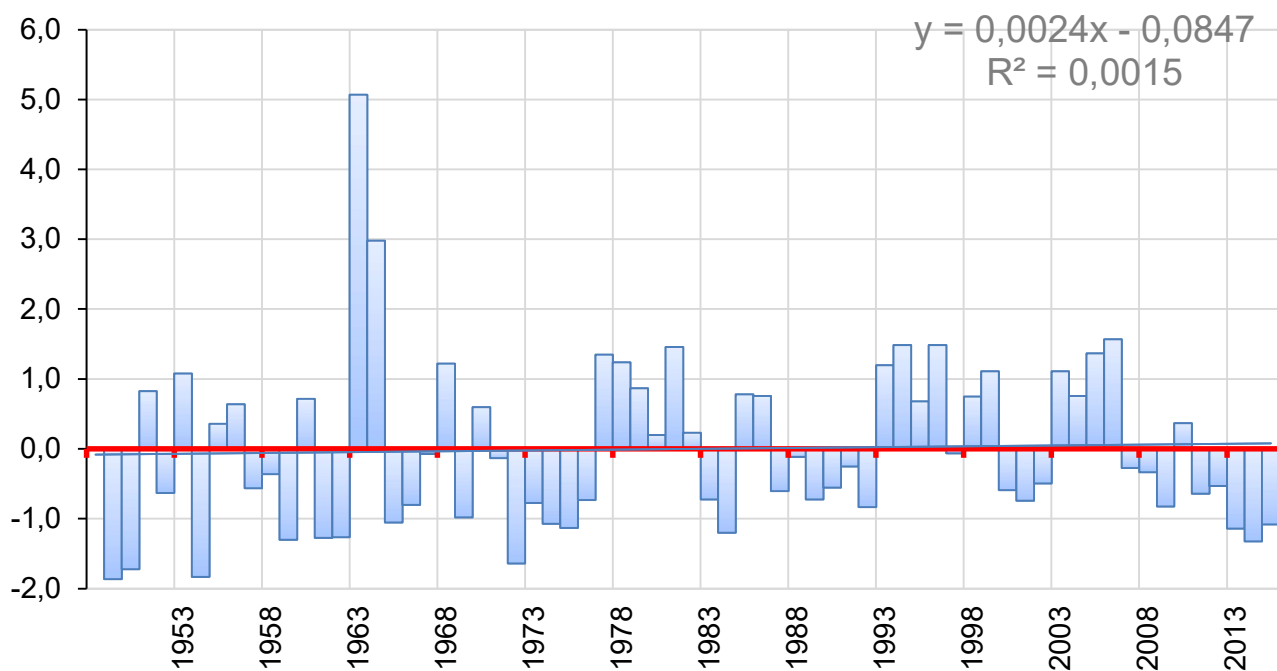
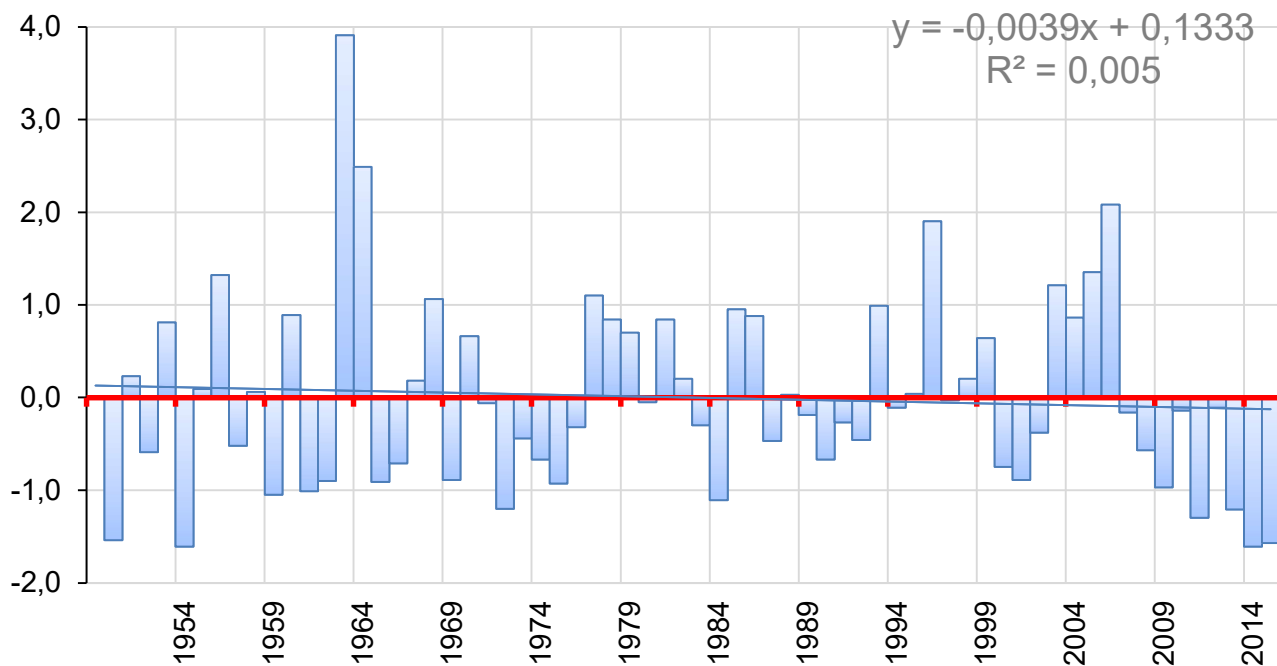


Рисунок А.1 – Графіки відхилень середньорічних витрат води від норми річного стоку на річках басейну Сіверський Донець, аркуш 4

р. Айдар - с. Новоселівка



р. Євсуг - с.мт Петрівка

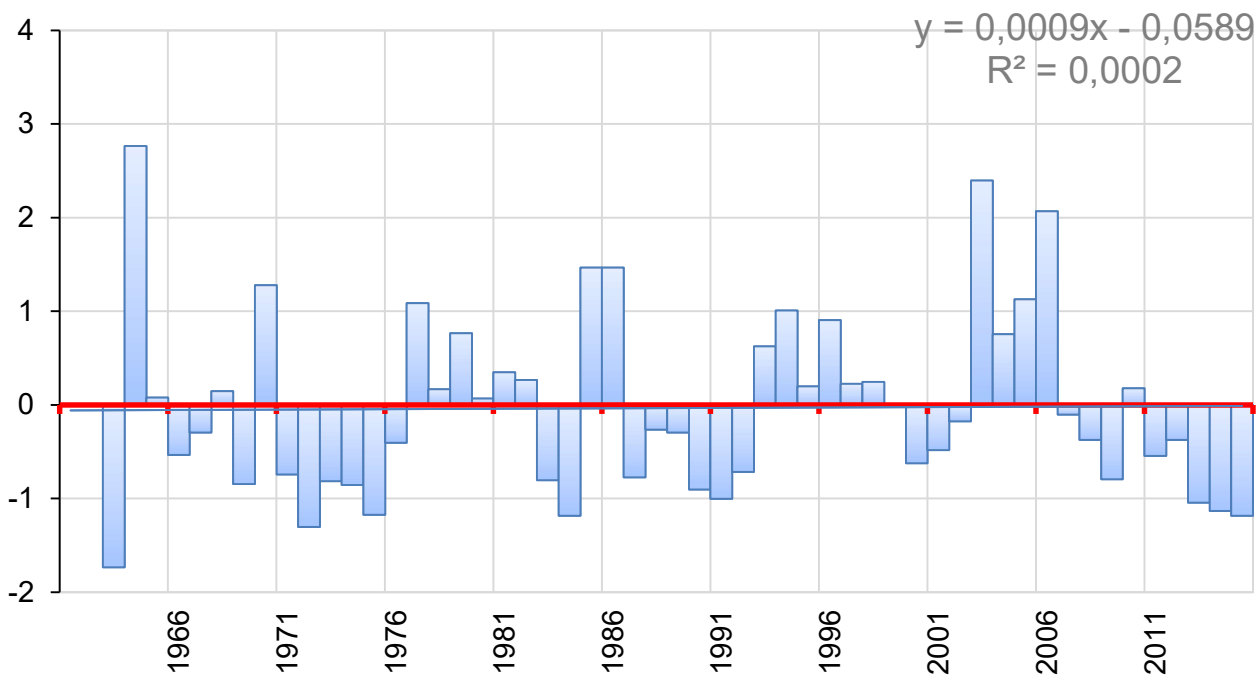


Рисунок А.1 – Графіки відхилень середньорічних витрат води від норми річного стоку на річках басейну Сіверський Донець, аркуш 5

Додаток Б

Розрахунок внутрішньорічного розподілу стоку методом компонентування на річках басейну Сіверського Дінця

Таблиця Б.1 - Ординати емпіричних кривих забезпеченості сум місячних витрат води за розрахункові періоди, р. Казенний Торець - смт Райське

№ з/п	P, %	Суми середньомісячних витрат води, м ³ /с				
		Рік (III-II)	Лімітуючий період (VI-II)	Лімітуючий сезон (XII-II)	Нелімітуючий період (III-V)	Нелімітуючий сезон (VI-XI)
1	1,6	46	33	25	28	16
2	3,2	43	29	22	25	13
3	4,8	40	26	21	24	12
4	6,3	39	24	15	19	12
5	7,9	39	22	14	14	10
6	9,5	38	21	12	13	10
7	11,1	33	21	11	12	9
8	12,7	33	20	10	12	9
9	14,3	33	20	10	11	9
10	15,9	31	19	9	11	8
11	17,5	30	19	9	11	8
12	19,0	27	17	9	11	8
13	20,6	26	17	8	10	8
14	22,2	24	16	8	9	8
15	23,8	24	16	8	9	8
16	25,4	24	15	8	9	8
17	27,0	24	14	7	8	8
18	28,6	24	14	7	8	8

№ з/п	P,%	Суми середньомісячних витрат води, м³/с				
		Рік (III-II)	Лімітуючий період (VI-II)	Лімітуючий сезон (XII-II)	Нелімітуючий період (III-V)	Нелімітуючий сезон (VI-XI)
19	30,2	24	14	7	8	7
20	31,7	23	14	7	8	7
21	33,3	22	13	7	7	7
22	34,9	22	13	7	7	7
23	36,5	21	13	7	7	7
24	38,1	21	13	6	7	7
25	39,7	21	13	6	7	7
26	41,3	20	13	6	7	7
27	42,9	20	13	6	7	6
28	44,4	20	12	6	7	6
29	46,0	19	12	6	7	6
30	47,6	19	12	6	6	6
31	49,2	19	12	6	6	6
32	50,8	19	12	6	6	6
33	52,4	18	11	5	6	6
34	54,0	18	11	5	6	6
35	55,6	18	11	5	6	6
36	57,1	17	11	5	5	5
37	58,7	17	11	5	5	5
38	60,3	17	11	5	5	5
39	61,9	17	10	5	5	5
40	63,5	16	10	5	5	5
41	65,1	16	10	5	5	5
42	66,7	16	10	5	5	5
43	68,3	16	10	5	5	5
44	69,8	15	10	5	5	5
45	71,4	15	10	4	5	5

№ з/п	P,%	Суми середньомісячних витрат води, м³/с				
		Рік (III-II)	Лімітуючий період (VI-II)	Лімітуючий сезон (XII-II)	Нелімітуючий період (III-V)	Нелімітуючий сезон (VI-XI)
46	73,0	15	10	4	5	4
47	74,6	14	9	4	4	4
48	76,2	14	9	4	4	4
49	77,8	13	9	4	4	3
50	79,4	13	8	4	4	3
51	81,0	11	8	4	4	3
52	82,5	11	7	3	4	3
53	84,1	10	7	3	4	3
54	85,7	10	7	3	4	3
55	87,3	9	6	3	4	3
56	88,9	9	6	2	4	2
57	90,5	9	5	2	4	2
58	92,1	9	5	2	4	2
59	93,7	9	5	2	3	1
60	95,2	8	4	2	3	1
61	96,8	8	4	1	2	1
62	98,4	5	3	1	2	1
63	100,0	3	2	1	1	1

Таблиця Б.2 - Ординати емпіричних кривих забезпеченості сум місячних витрат води за розрахункові періоди, р. Красна - с Червонопопівка

№ з/п	P, %	Суми середньомісячних витрат води, м ³ /с				
		Рік (III-II)	Лімітуючий період (VI-II)	Лімітуючий сезон (XII-II)	Нелімітуючий період (III-V)	Нелімітуючий сезон (VI-XI)
1	1,7	152	66	55	134	33
2	3,3	147	58	46	124	32
3	5,0	139	57	40	101	31
4	6,7	112	55	34	79	30
5	8,3	106	54	32	72	28
6	10,0	105	50	24	64	26
7	11,7	98	48	22	58	26
8	13,3	90	47	22	57	25
9	15,0	88	43	22	56	23
10	16,7	87	41	20	54	23
11	18,3	87	41	18	52	22
12	20,0	86	39	18	46	22
13	21,7	84	38	18	46	22
14	23,3	84	36	18	43	21
15	25,0	82	35	17	40	20
16	26,7	75	34	17	37	20
17	28,3	75	34	14	36	20
18	30,0	74	33	14	34	20
19	31,7	74	33	14	33	20
20	33,3	73	32	13	33	19
21	35,0	68	32	13	32	19
22	36,7	66	32	13	30	18
23	38,3	66	32	13	29	18
24	40,0	62	32	12	29	17

№ з/п	P,%	Суми середньомісячних витрат води, м ³ /с				
		Рік (III-II)	Лімітуючий період (VI-II)	Лімітуючий сезон (XII-II)	Нелімітуючий період (III-V)	Нелімітуючий сезон (VI-XI)
25	41,7	59	31	12	27	16
26	43,3	59	31	12	26	15
27	45,0	57	31	12	26	15
28	46,7	56	28	11	25	15
29	48,3	52	27	11	24	15
30	50,0	52	27	10	23	15
31	51,7	51	27	10	22	14
32	53,3	49	25	10	21	14
33	55,0	48	25	10	20	13
34	56,7	48	24	9	20	12
35	58,3	47	24	9	18	12
36	60,0	46	23	9	18	12
37	61,7	45	23	9	18	12
38	63,3	45	22	9	16	12
39	65,0	42	22	9	16	12
40	66,7	42	22	9	16	11
41	68,3	42	21	9	15	11
42	70,0	41	21	9	14	11
43	71,7	39	20	8	14	11
44	73,3	39	20	8	14	11
45	75,0	37	20	8	13	11
46	76,7	36	19	8	13	10
47	78,3	36	18	7	13	9
48	80,0	35	18	7	13	9
49	81,7	32	18	7	12	8
50	83,3	31	17	6	12	8
51	85,0	30	17	5	12	8

№ з/п	P,%	Суми середньомісячних витрат води, м ³ /с				
		Рік (III-II)	Лімітуючий період (VI-II)	Лімітуючий сезон (XII-II)	Нелімітуючий період (III-V)	Нелімітуючий сезон (VI-XI)
52	86,7	30	14	5	11	6
53	88,3	29	12	5	11	5
54	90,0	28	12	5	10	4
55	91,7	27	11	5	10	3
56	93,3	27	10	4	10	3
57	95,0	25	10	4	10	3
58	96,7	22	8	3	10	2
59	98,3	21	8	3	10	2
60	100,0	20	7	3	9	1

Таблиця Б.3 - Ординати емпіричних кривих забезпеченості сум місячних витрат води за розрахункові періоди, р. Сіверський Донець – м. Чугуїв

№ з/п	P, %	Суми середньомісячних витрат води, м ³ /с				
		Рік (III-II)	Лімітуючий період (VI-II)	Лімітуючий сезон (XII-II)	Нелімітуючий період (III-V)	Нелімітуючий сезон (VI-XI)
1	1,7	533	264	134	492	158
2	3,3	458	242	128	268	133
3	5,0	434	205	123	230	129
4	6,7	434	195	107	223	128
5	8,3	366	189	94	216	121
6	10,0	366	182	94	213	118
7	11,7	358	181	74	202	115
8	13,3	350	180	73	197	114
9	15,0	341	178	69	186	112
10	16,7	332	176	67	174	112
11	18,3	329	172	63	165	111
12	20,0	322	170	61	154	111
13	21,7	313	167	61	148	109
14	23,3	309	165	61	146	107
15	25,0	293	153	59	140	104
16	26,7	286	153	58	140	104
17	28,3	284	151	57	139	101
18	30,0	277	151	54	132	94
19	31,7	266	149	53	132	93
20	33,3	262	148	53	131	93
21	35,0	261	147	51	124	92
22	36,7	257	142	48	115	92
23	38,3	251	141	48	114	90
24	40,0	246	138	47	103	90

№ з/п	P,%	Суми середньомісячних витрат води, м ³ /с				
		Рік (III-II)	Лімітуючий період (VI-II)	Лімітуючий сезон (XII-II)	Нелімітуючий період (III-V)	Нелімітуючий сезон (VI-XI)
25	41,7	241	138	47	103	88
26	43,3	237	132	45	102	80
27	45,0	224	131	43	83	79
28	46,7	219	130	42	82	73
29	48,3	214	130	42	81	71
30	50,0	209	129	41	79	71
31	51,7	205	121	41	78	70
32	53,3	202	118	39	67	68
33	55,0	201	112	39	66	68
34	56,7	197	112	39	62	67
35	58,3	196	110	38	62	67
36	60,0	190	105	38	62	65
37	61,7	189	102	37	61	64
38	63,3	178	102	37	60	64
39	65,0	175	101	36	59	62
40	66,7	171	98	35	58	61
41	68,3	171	96	35	58	59
42	70,0	166	94	35	55	59
43	71,7	163	93	34	55	59
44	73,3	162	93	34	50	55
45	75,0	155	91	34	48	55
46	76,7	148	90	32	48	53
47	78,3	147	90	31	47	50
48	80,0	146	85	31	43	50
49	81,7	141	84	30	40	47
50	83,3	134	80	28	37	47
51	85,0	133	77	28	36	44

№ з/п	P,%	Суми середньомісячних витрат води, м ³ /с				
		Рік (III-II)	Лімітуючий період (VI-II)	Лімітуючий сезон (XII-II)	Нелімітуючий період (III-V)	Нелімітуючий сезон (VI-XI)
52	86,7	124	76	28	35	39
53	88,3	121	69	25	33	38
54	90,0	113	66	21	31	35
55	91,7	106	62	19	29	34
56	93,3	97	60	18	28	30
57	95,0	84	53	15	26	29
58	96,7	70	40	14	19	25
59	98,3	65	39	11	17	24
60	100,0	59	29	8	16	21