МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра гідрології суші

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: **Максимальний стік весняного водопілля в басейні р. Десна**

Виконала студентка 2 курсу групи
МГ- 6 спеціальності 103 Науки про Землю»,
Альчинська Тетяна Володимирівна

Керівник: д.геогр.н., проф.
Гопченко Євген Дмитрович

Консультант_____
_____

Рецензент д.геогр.н., професор
Лобода Наталія Степанівна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської та аспірантської підготовки_____
Кафедра _гідрології суші_____
Рівень вищої освіти магістр_____
Спеціальність _____103 «Науки про Землю»»_____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри гідрології суші
_____ д.геогр.н., проф. Гопченко Є.Д.
"____" _____ 20__ року

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

Альчинській Тетяні Володимирівні

1.Тема роботи Максимальний стік весняного водопілля в басейні р. Десна_____
_____
керівник роботи ____Гопченко Євген Дмитрович, д.геогр. н., професор___
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "__"___20__року №___
2. Строк подання студентом роботи_____
3. Вихідні дані до проекту Матеріали спостереження за гідрологічним режимом річок в період весняного водопілля в басейні р. Десна_____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____
1. Збір матеріалів спостережень_____
2.Статистична обробка часових рядів витрат води і шарів стоку весняного водопілля в басейні р. Десна_____
3. Обґрунтування методично-наукової бази_____
4. Визначення параметрів розрахункової методики максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Десна_____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
_____
_____
_____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (магістерської роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ. Збір матеріалів спостережень за максимальним стоком весняного водопілля в басейні р. Десна	20.03-01.04.17		
2	Коротка характеристика фізико – географічних умов на території басейну р. Десна	01.04.-15.04.17		
3	Стислий аналіз часових рядів максимальних витрат води і шарів стоку весняного водопілля	15.04-01.05.17		
4	Огляд науково-методичної бази для розрахунку характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Десна	01.05-20.05.17		
5	Обґрунтування методики для розрахунку максимального стоку весняного водопілля на на території басейну р.Десна та її практична реалізація	20.05-31.05.17		
6	Висновки, оформлення магістерської роботи, підготовка презентації	01.06-11.06.17		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

Студент _____ **Альчинська Т.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Гопченко Є.Д.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ
до магістерської роботи
на тему: «Максимальний стік весняного водопілля в басейні р. Десна»
Автор: Альчинська Т.В.

Актуальність теми. Пов'язана необхідністю удосконалення розрахункової методики максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. Десна, оскільки діючий в Україні СНіП 2.01.14-83 узагальнює матеріали гідрологічних спостережень станом ще до на 1975 року.

Мета і задачі досліджень відносять до узагальнення нормативної бази на сучасних матеріалах спостережень за гідрологічним режимом річок в басейні р. Десна.

Об'єкт і предмет дослідження – максимальний стік весняного водопілля в басейні р. Десни

Методи дослідження – статистичні характеристики максимального стоку весняного водопілля (максимальні витрати води і шари стоку), просторове узагальнення результатів, визначення розрахункових параметрів максимального стоку річок в басейні р. Десна та інші

Результати, їх новизна, теоретичне та практичне значення . За геометричною моделлю формування поводків водопіль, удосконалена базова формула максимального стоку річок. Отримані результати використані в математичній моделі нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Десна.

Отримані теоретичні і практичні результати слід вважати новими і рекомендувати для застосування при проектуванні об'єктів.

Структура магістерської роботи. Об'єм роботи становить с. машинописного тексту.

Ключові слова: максимальний стік, шар стоку, дощові паводки, весняне водопілля, редукційна структура формули, базові моделі гідрографів паводків і водопіль.

SUMMARY

Master's qualification thesis
on: «Maximum runoff of spring flood in the basin of Desna River»

Author: Alchynska Tetiana

Actuality of theme. A related need to improve computational methods maximum water discharge of spring flood in the basin. Gums as operating in Ukraine SNIP 2.01.14-83 summarizes materials hydrological observations as before in 1975.

The purpose and objectives of the studies referred to generalize the regulatory framework for modern materials observations of the hydrological regime of rivers in the basin. Desna.

The object and purpose of the study - the maximum spring flood runoff in the basin. Gums

Research methods - statistical characteristics of a maximum drain spring flood (the maximum flow of water and drain layers), spatial generalization of the results, determining design parameters of maximum runoff in the basin. Gums and other

The results of their novelty, theoretical and practical. For geometrical model forming leash floods, improved basic formula of maximum runoff. The results used in the mathematical model of normalization features maximum drain spring flood in the basin. Desna.

The theoretical and practical results should be considered new and recommended for use in the design of objects.

Structure of the master's work. The volume of work with. Machine song text.

Keywords: maximum runoff, runoff depth, rain floods, spring flood, reducing the structure of formula, geometric model hydrographs of floods and flood.

ЗМІСТ

Вступ. . . . . .
1 Коротка фізико-географічна характеристика басейну р. Десна. . . . . .
1.1 Географічне положення та рельєф. . . . . .
1.2 Ґрунтовий покрив. . . . . .
1.3 Рослинний покрив. . . . . .
1.4 Кліматична характеристика……
1.5 Характеристика водного режиму весняного водопілля……
1.6 Гідрометеорологічна вивченість басейну……
2 Аналіз сучасних методів розрахунку максимального стоку річок. . . . . .
2.1 Формули, які спираються на геометричну схематизацію схилового і руслового гідрографа . . . . . .
2.1.1 Редукційні формули……
2.1.2 Об'ємні формули ……
2.1.3 Формула СНіП 2.01.14-83……
2.2 Методи, засновані на гідромеханічних теоріях стоку. Генетичні моделі…… . . . . . .
3 Статистичний аналіз часових рядів максимальних витрат води і шарів стоку весняного водопілля в басейні р. Десна . . . . . .
3.1 Методи визначення статистичних параметрів стокових рядів. . . . . .
3.1.1 Розрахунки статистичних параметрів за методом моментів. .
3.1.2 Розрахунки статистичних параметрів стоку за методом найбільшої правдоподібності. . . . . .
3.2 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води. . . ..
3.3 Статистична обробка рядів максимальних шарів стоку весняного водопілля……
3.4 Оцінка точності вихідної інформації по максимальному стоку весняного водопілля. . . . . .
4 Обгрунтування методики для нормування розрахункових характеристик максимального стоку веснянго водопілля в басейні р. Десна……..
4.1 Обґрунтування структури розрахункової формули максимального стоку для визначення характеристик весняного водопілля річок……
4.2 Визначення параметрів редукційною формули (4.13)……..
4.3 Перевірочні розрахунки максимальних модулів стоку весняного водопілля в басейні р. Десна…….
Висновки. . . . . .
Літературні джерела. . . . . .

ВСТУП

Максимальний стік весняного водопілля є не лише важливою фазою гідрологічного режиму річок України, але й однією з тих характеристик, від надійного визначення якої багато в чому залежить нормальне функціонування гідротехнічних споруд на річках, паводкова безпека населених пунктів, промислових та сільськогосподарських об’єктів.

Недостатньо обґрунтовані рекомендації за розрахунком максимального стоку можуть не лише завдати збитку народному господарству в результаті руйнування якого-небудь із споруд, зведених на річці, але і привести до непоправних катастрофічних наслідків для населених пунктів і споруд, що знаходяться нижче за течією. При визначенні розрахункових характеристик, у тому числі і максимальних витрат, проектувальнику доводиться зустрічатися з трьома можливими випадками:

1) тривалі гідрометричні ряди спостережень; 2) короткі ряди спостережень; 3) спостереження за стоком відсутні.

Коли вихідні ряди репрезентативні, то максимальні витрати різної ймовірності перевищення обчислюються безпосередньо по даному матеріалу з використанням статистичних прийомів. У разі недостатності даних гідрометричних спостережень розрахункові характеристики наводяться до багаторічного періоду за допомогою річок - аналогів з довшими рядами. У третьому випадку максимальні витрати розраховуються за різними формулами і картами .

З метою обґрунтування науково – методичної бази для визначення розрахункових характеристик весняного водопілля в басейні р. Десна запропонована геометрична модель. Вона має нелінійну трикутну форму, причому як схилового, так і річкового стоку. Рівняння гідрографів силового припливу води до руслової мережі і річкового стоку представлені у вигляді трикутників, ранжованих функціями убуваючого вигляду. Завдяки такій моделі у магістерській роботі обґрунтована розрахункова структура

редукційного типу. Базові параметри (максимальних витрат води шарів стоку весняного водопілля, а також тривалість силового припливу) пов'язані з розмірами водозборів.

Запронована формула дає змогу розрахувати максимальні витрати води весняного водопілля в басейні р. Десна забезпеченістю $P_{1\%}$ пропонується для практичного використання.

1 КОРОТКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ р. ДЕСНА

1.1 Географічне положення і рельєф

Десна - найдовша ліва притока Дніпра, її витік знаходиться в болотах Смоленщини, поблизу Єльні. Місцевість у верхів'ї представляє рівне і обширне піднесене плоскогір'я. Впадає в Дніпро біля Києва, долаючи шлях до гирла по території Чернігівської і Київської областей (рис 1.1). Це найдовша ліва притока Дніпра. Довжина річки - 1130 км. Площа басейну - 88,9 тис. км² [1].

Рисунок 1.1 - Карта географічного положення басейну річки Десна

Заплава заболочена, багато проток, стариць і озер. Русло звивисте, шириною до 450 м. Глибина річки 2-4 м, найбільша - 17 м. Ухил складає 1 м на кілометр русла. Ґрунти піщані і замулені піски. Десна приймає 18 правих (найбільші Судость, Снів) і 13 лівих (основні Сейм, Остер) приток. Гідрологічний режим визначається весняною повінню і низьким літнім урізом. Амплітуда коливань рівнів води досягає 3-4 м. У басейні охороняються болотяні масиви, які мають водорегулююче значення.

Річкова система Десни включає понад три десятки річок. У головну річку впадають притоки першого порядку, в них - притоки другого порядку і так далі Десна разом з притоками утворює Деснянську гідрологічну область, що охоплює територію Чернігівської і північно-східну частину Сумської областей [1].

Територія Брянської області лежить на Російській плиті - стародавньому кристалічному утворенні, укритому могутнім чохлом осадових порід. Осадові породи на території області лежать майже горизонтально. Вони-то і додали поверхні рівнинний характер. У пізніший час на рельєф активно впливав льодовик.

Сучасний рельєф Брянської області - це рельєф західної частини Російської рівнини, де низини змінялися пагорбами і невеликими височинами. Тому область в цілому можна розглядати як слабо хвилясту рівнину. Вся західна і центральна частина її зайнята обширною Придніпровською низовиною, яка на сході поступово переходить в Придеснянську. На формування рельєфу цієї частини області величезний вплив зробив стародавній льодовик.

Змінило поверхню і талі води льодовика. Вони розчленували рівнину, згладили контрасти і додали долинам і пагорбам характерну м'якість контурів. Річки розмили раніше відкладені гірські породи і великі простори покрили наносами глини і піску.

Переважаючі висоти в цих місцях – 125-200 метрів. Рельєф тут плоско рівнинний із значними слідами ерозії. Невеликі моренні горби і піднесеності змінялися плоскими рівнинами, слабовігнутими низовинами.

Придеснянська низовина лежить по обидві сторони Десни. Річка ділить її на дві різні по рельєфу частини. Правобережжя Десни піднесене. Тут проходить один з нешироких і слабо виражених відрогів Середньоросійської височини. Схили його порізані балками і ярами, в місцях оголення можна бачити виходи крейдяних відкладень. Ці породи при розмивах утворюють опуклі «крейдяні лоби».

Лівобережжя Десни - полого-хвиляста низовина, утворена річковими терасами. Тераси добре простежуються протягом майже всієї річки [1].

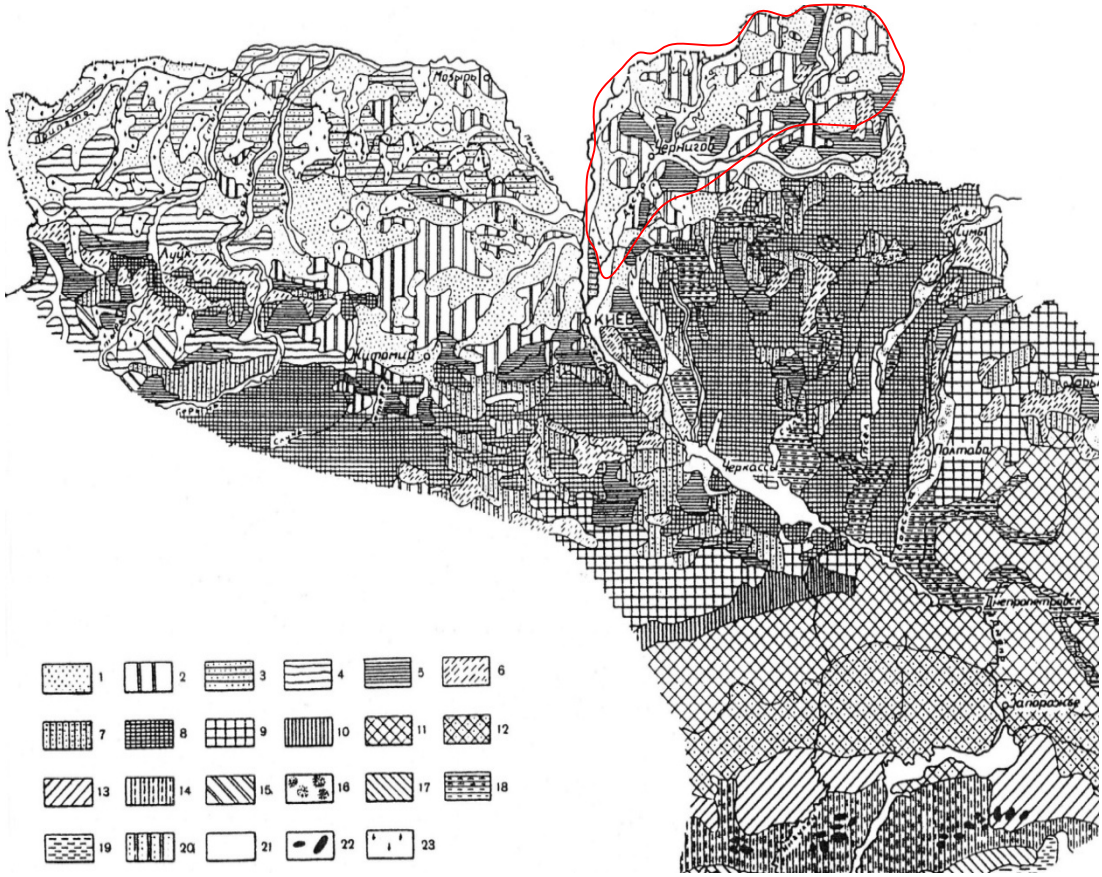
1.2 Ґрунтовий покрив

На території області різноманітні ґрунти: від чорноземів до розвіяних пісків (рис.1.2). На півночі і заході Брянщини, в умовах вологішого клімату і глибшого промивання, переважають підзолисті ґрунти. На півдні і сході, де опадів менше – сірі-лісові. Підзолисті ґрунти займають приблизно 65% площі області, а сірі лісові - біля 25%.

Різноманітність ґрунтів пов'язана насамперед з геологічними особливостями області.

Дерново-підзолисті ґрунти, широко поширені в області, мають ряд позитивних властивостей. Проте більш виражені ці недоліки у піщаних ґрунтів, які бідні всіма елементами грунтового живлення. Супіщані і суглинні містять багато азоту, але вони кислі.

Широко поширені в області також сірі лісові ґрунти, що утворилися під впливом листяних лісів і рясного трав'яного покриву. Менш поширені в області заплавні ґрунти (ґрунти заплав річок). Весняні води приносять і залишають в заплавах піщані, глинисті і органічні частинки, змиті ними з полів.



1 – дерново-слабопідзолисті;піщані і глинисто-піщані; 2 – супіщані; 5 – світло-сірі і сірі опідзолені; 6 – темно-сірі опідзолені; 18 – чорноземи лугові солонцюваті; 23 – торф’яно-болотні ґрунти .

Рисунок 1.2 – Карта-схема ґрунтів басейну р. Десна

Досить широко поширені і болотяні ґрунти. Вони зустрічаються в лісах на заході і частково в центрі області. Зростаючі тут трави і мохи після відмирання дають багато органічної речовини, яка із-за надлишку вологи поволі розкладається і накопичується у вигляді товстого шару торфу. Торф заготовлюють на добриво, використовують як паливо і хімічну сировину.

Дуже цікаві і деякі піщані ґрунти, на яких ростуть соснові ліси (бори). Сформувалися вони на піску, що містить глауконіт. Цей зеленуватого кольору мінерал дуже багатий важливим елементом - калієм. У глауконітових пісках, крім того, містяться фосфорити - джерело другого важливого елементу - фосфору [1].

1.3 Рослинний покрив

Рослинний покрив досліджуваної території, так само як і грунтовий, підпорядковується відповідним фізико-географічним закономірностям. Характер та стан рослинного покриву відіграє важливу роль у попередженні ерозії грунту, збільшенні шорсткості поверхні, уповільненні швидкості стікання води, переведенні частки поверхневого стоку в підземний. Особливу гідрологічну роль відіграють лісові та болотні ландшафти (рис.1.3).

1 – ліси з сосни звичайної; 2 – з дуба череватого; 3 – дубово-соснові ліси; 6 – сільськогосподарські угіддя на місті соснових лісів; 7 – сільськогосподарські угіддя на місті широколистих

Рисунок 1.3 - Карта-схема рослинності в басейні р. Десна

Територія Середнього Подніпров’я з півночі на південь розташована в широколисно-лісовій та лісостеповій зонах. Відповідно до прийнятого геоботанічного районування тут виділяється дві провінції - Східно-Європейська лісова (з Поліською та Середньоруською підпровінціями) та Східно-Європейська лісостепова (з Середньо-Дніпровською та Верхньо-Донською підпровінціями). Басейн Десни та частково пониззя Десни

розташовані в межах Східно-Поліського округу Поліської підпровінції, тут переважають дубово-соснові, соснові, липово-дубові ліси, великі площі зайняті низинними болотами. Більша частина басейну, за виключенням територій у його витоку, відноситься до Глухівсько-Курського округу Середньоруської підпровінції з притаманними дубовими лісами, справжніми і степовими луками.

Територія водозбору Десни, зважаючи на достатньо родючі ґрунти, активно освоєна у сільськогосподарському плані (близько 70% площі басейну в межах України займають орні землі), що призвело до змін у рослинному покриві, зменшення площ суцільних лісів. Нині значні території на місці колишніх широколистих лісів (на правобережжі басейну) та лучних степів (на його лівобережжі) займають сільгоспугіддя.

Більша частина лісів широколисно-лісової зони зосереджена на території Поліської та Середньоруської підпровінцій. При пануванні одного або декількох видів дерев ліси тут представлені такими формаціями: сосновою, дубовою, дубово-сосновою, грабово-дубовою, вільховою, грабовою, липово-дубово-сосновою, грабово-дубово-сосновою, березовою, ялинковою. У підліску найхарактернішими є чорниця, брусниця, снить, орляк, копитень європейський, папороть, бальзамін.

Лісостепова зона займає південно-східну частину Придніпровської низовини. Ліси тут представлені наступними формаціями: дубовою, дубово-грабовою, сосновою, дубово-сосновою, грабовою та вільховою. На відміну від лісів широколистяної зони, серед них переважають сухі та свіжі гігротопи, вони відіграють важливу ґрунтозахисну і протиерозійну роль.

Лучні ландшафти зосереджені в заплавах річок, на зандрових рівнинах та надзаплавних терасах.

Ліс відноситься до внутрішньозональних факторів підстильної поверхні, оскільки залісеність окремих водозборів, навіть в межах однієї геоморфологічної зони, досить значно змінюється.

Якщо загалом у басейні Дніпра в межах широколисно-лісової зони ліси займають близько 23 % площі, то на досліджуваній території залісеність окремих річкових водозборів змінюється від 1 % до 96 %. Найбільш залісеними є території верхньої та середньої частини басейну Десни. В басейнах її притоків - річок Ветьма та Болва залісеність становить 30-61 %, безпосередньо у верхів'ях Десни - 27-40 %, а в басейні р.Соля – 96 % поверхні водозбору вкрито лісами.

У басейні Десни лісові масиви представлені переважно дубами та соснами і зосереджені окремими масивами на підвищених елементах рельєфу та других терасах річкових долин. Залісеність змінюється від 4 до 14 % площі водозборів. В басейнах Сули, Псла та Ворскли, спостереження в межах яких були використані, залісеність переважно менша 10 %.

Болотні ландшафти по території розміщені нерівномірно. Переважна частина боліт прив'язана до долин річок, перш за все, до їх заплав. Загальне заболочення заплави Десна досягає близько 60 %, що впливає на трансформацію схилового припливу. Середні ж показники заболоченості в басейні Десна змінюються від 1 до 5 %. Заболочені масиви в основному приурочені до долин річок, переважають евтрофні заплавні болота. Більшим є відсоток боліт в басейнах малих приток Десни (до 4-13 % площ водозборів) та в басейні Сули (до 5-16 %), де також переважають низинні заплавні болота [1].

Луги на розглянутій території мають антропогенне походження. Виникли вони на місці зведення лісів і осушених боліт. Розміщуються в заплавах і на вододілах. Заплавні луки зосереджені в заплавах Десни, Сейму та їх більш дрібних приток і складають 65-70% площі, зайнятої лугами. Лугова рослинність є досить важливим фактором, що стримує розвиток ерозійних процесів в заплавах річок і цим самим оберігає їх від замулення. Особливо важливу протиерозійну роль виконує лугова рослинність прируслової частини заплави. До складу заплавних лугів входить чотири класи формацій: справжні, остепнені, болотисті і торф'янисті. На частку

справжніх луків припадає близько 44%, болотистих - 35%, торф'янистих-15% і остепнених-5% загальної площі луків [1].

1.4 Кліматична характеристика

Дана територія розташована поблизу основних шляхів переміщення циклонів і антициклонів над Європейською територією Російської Федерації і північною частиною України. Зміна хвиль теплого і холодного повітря (особливо помітна в травні), що чергується, створює нестійку погоду, викликає грозові дощі влітку, короткочасна відлига взимку [1,2].

Приток атлантичних помірних мас обумовлює м'якість зими при значній хмарності, повернення холодів навесні, пізні весняні заморожування.

Континентальні, гарячі і сухі маси повітря приносять посушливу погоду влітку. Дія режиму вітрів, надходження і витрачання сонячного тепла, ступінь і характер хмарності, кількість опадів обумовлюють різноманітність типів погоди на території.

При всій різноманітності типів погоди найбільше число днів взимку доводиться на слабо - і помірно морозну погоду, а літом — на хмарну (різного ступеню), похмуру і дощову. Окремі календарні роки виділяються то лютою зимою, то посушливим літом.

Згідно метеорологічним показникам, клімат на даній території помірно континентальний - з теплим літом і помірно холодною зимою.

Для кліматичної характеристики розглядуваної території прийняті метеорологічні дані по метеостанціям Семенівка, Щорс та Глухів, що рівномірно розташовані по басейну р. Десна та запозичені з «Кліматичного кадастру» [3], як кліматична норма 1961 – 1990 рр.

Середньорічна температура повітря для цих метеостанцій становить 5,9-6,0 ºС, мінімальна вона у січні (-7,3 - 8,1 ºС), максимальна у липні (17,1-17,7 ºС) (табл.1.1).

Абсолютний максимум температури по станціях спостерігається в липні – серпні і коливається в межах 37,0 – 38,0ºС (табл.1.2).

Абсолютний мінімум температури спостерігається у січні – березні і має значення від -36,6 до 39,8 ºС (табл. 1.3).

Найбільша місячна сума опадів припадає на липень і становить 88 – 93 мм. Найменше опадів випадає у жовтні – 0-2 мм. Місячна кількість в середньому упродовж року змінюється від 30 до 93 мм. Місячні та річні суми опадів за багаторіччя приведені в табл.1.4. Кількість опадів влітку та восени визначає характер межені і відповідно зволоженість водозборів та водність річок перед початком зими.

Весна починається з того часу, коли середньодобова температура повітря стає вищою +5°С. Така температура наступає зазвичай близько 8-15 квітня. Проте перші ознаки весни бувають помітні вже в березні. В кінці травня середньодобова температура повітря перевищує +15°С. Настає літо. Воно продовжується 105-110 днів. Середньодобова температура літніх місяців +16°С, +18°С [3]. У жовтні температура повітря не перевищує 7°С. Від жовтня до листопада відбувається найінтенсивніше зниження середньої температури повітря. Проте у листопаді вона ще залишається додатною. У цьому місяці зростає вплив циркуляції атмосфери, що призводить до значних змін температури повітря від доби до доби, збільшується хмарність, встановлюється зимовий розподіл температури повітря [4]. Перші нічні заморозки на ґрунті іноді спостерігаютьсяі в кінці серпня. Середні багаторічні терміни осінніх заморозків на території басейну припадають на другу половину вересня. Закінчується осінь в середині листопада, коли середньодобова температура стає нижчою 0°С. За фенологічний початок зими вважається день льодоставу (1-3 грудня), коли замерзають річки і озера. Її настанню передує 2-3 «приморозки» з тимчасовим утворенням сніжного покриву. Середня тривалість зими 148 днів. На даній території зима відносно м'яка (січень -7°С, - 9°С) [1].

Таблиця 1.1 - Середньомісячна та річна температура повітря, °С [3]

ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ													
СЕРЕДНЯ МІСЯЧНА І РІЧНА ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ (°С)													
Характеристика	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*	*Рік*
1. Семенівка													
Середня	*-8.0*	*-6.5*	*-1.4*	*6.9*	*13.8*	*17.0*	*18.0*	*17.1*	*12.1*	*6.1*	*0.4*	*-4.2*	*5.9*
Найбільш низька	*-17.5*	*-17.2*	*-9.5*	*0.3*	*9.5*	*14.2*	*15.5*	*15.0*	*9.2*	*1.7*	*-8.8*	*-11.2*	*3.8*
Найбільш висока	*-1.0*	*1.6*	*4.4*	*11.4*	*17.8*	*20.6*	*23.4*	*21.7*	*16.1*	*10.5*	*4.1*	*1.9*	*8.5*
2. Щорс													
Середня	*-7.3*	*-5.9*	*-0.8*	*7.6*	*14.5*	*17.6*	*18.6*	*17.7*	*12.7*	*6.6*	*0.9*	*-3.6*	*6.6*
Найбільш низька	*-16.6*	*-16.8*	*-8.7*	*0.7*	*10.1*	*13.8*	*16.2*	*14.7*	*10.1*	*2.4*	*-7.9*	*-10.5*	*4.5*
Найбільш висока	*-0.3*	*2.1*	*5.1*	*12.3*	*18.5*	*21.3*	*23.9*	*22.0*	*16.6*	*11.1*	*5.2*	*2.4*	*8.6*
3. Глухів													
Середня	*-8.1*	*-6.9*	*-1.7*	*7.1*	*14.2*	*17.2*	*18.3*	*17.5*	*12.4*	*6.2*	*0.4*	*-4.3*	*6.0*
Найбільш низька	*-17.5*	*-17.6*	*-10.5*	*0.1*	*9.4*	*14.1*	*16.0*	*15.2*	*8.9*	*1.6*	*-9.0*	*-11.7*	*3.7*
Найбільш висока	*-1.6*	*1.3*	*4.2*	*11.5*	*18.2*	*22.7*	*23.5*	*21.8*	*15.9*	*10.5*	*4.7*	*1.4*	*7.9*

Таблиця 1.2 - Максимальна температура повітря, °С [3]

МАКСИМУМ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ (°С)													
Характеристика	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*	*Рік*
1. Семенівка													
Середній	*-4.7*	*-3.1*	*2.4*	*11.9*	*19.7*	*22.7*	*23.6*	*23.2*	*17.7*	*10.5*	*3.0*	*-1.6*	*10.4*
Абсолютний	*7.3*	*13.7*	*19.8*	*28.3*	*32.0*	*33.8*	***37.8***	*37.5*	*30.9*	*25.6*	*16.6*	*10.3*	*37.8*
Рік	*1975*	*1990*	*1990*	*1950*	*1979*	*1954*	*1936*	*1946*	*1944*	*1966*	*1967*	*1961*	*1936*
2. Щорс													
Середній	*-4.1*	*-2.4*	*3.0*	*12.7*	*20.3*	*23.3*	*24.3*	*23.7*	*18.3*	*11.1*	*3.5*	*-1.1*	*11.1*
Абсолютний	*7.7*	*14.3*	*20.7*	*29.0*	*32.4*	*34.7*	*37.4*	***38.0***	*32.0*	*25.7*	*20.8*	*11.0*	*38.0*
Рік	*1975*	*1990*	*1990*	*1950*	*1979*	*1954*	*1936*	*1946*	*1944*	*1929*	*1926*	*1964*	*1946*
3. Глухів													
Середній	*-4.9*	*-3.5*	*1.9*	*12.2*	*20.0*	*22.9*	*24.0*	*23.6*	*18.1*	*10.6*	*2.9*	*-1.8*	*10.5*
Абсолютний	*5.9*	*12.3*	*20.4*	*28.2*	*31.9*	*33.6*	*36.9*	***37.0***	*31.7*	*25.7*	*16.4*	*10.2*	*37.0*
Рік	*1975*	*1990*	*1983*	*1975*	*1979*	*1938,*	*1936*	*1946*	*1944*	*1915*	*1967*	*1982*	*1946*

Таблиця 1.3 – Мінімальна температура повітря, °С [3]

МІНІМУМ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ (°С)													
Характеристика	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*	*Рік*
1. Семенівка													
Середній	*-11.4*	*-10.0*	*-4.9*	*2.6*	*8.1*	*11.3*	*12.7*	*11.7*	*7.3*	*2.5*	*-2.0*	*-6.9*	*1.8*
Абсолютний	*-35.7*	*-34.5*	***-36.6***	*-19.9*	*-2.7*	*0.4*	*4.3*	*0.2*	*-4.6*	*-13.2*	*-23.8*	*-33.5*	*-36.6*
Рік	*1987*	*1956*	*1964*	*1931*	*1944,*	*1930*	*1976*	*1966*	*1986*	*1940*	*1989*	*1930*	*1964*
2. Щорс													
Середній	*-10.7*	*-9.3*	*-4.2*	*3.2*	*8.7*	*11.9*	*13.2*	*12.3*	*7.9*	*2.9*	*-1.5*	*-6.3*	*2.3*
Абсолютний	*-34.9*	*-35.2*	***-37.0***	*-18.9*	*-2.6*	*1.2*	*4.2*	*-1.1*	*-3.4*	*-9.6*	*-20.7*	*-32.6*	*-37.0*
Рік	*1940*	*1970*	*1964*	*1931*	*1939,*	*1982*	*1976*	*1966*	*1986*	*1956*	*1989*	*1930*	*1964*
3. Глухів													
Середній	*-11.6*	*-10.6*	*-5.1*	*2.8*	*8.5*	*11.6*	*13.0*	*12.0*	*7.6*	*2.5*	*-2.1*	*-7.1*	*1.8*
Абсолютний	***-39.8***	*-36.1*	*-36.7*	*-18.8*	*-3.9*	*0.7*	*3.6*	*-1.6*	*-4.6*	*-11.5*	*-23.0*	*-33.9*	*-*
Рік	*1987*	*1985*	*1964*	*1931*	*1946*	*1933*	*1968*	*1966*	*1958*	*1898*	*1989*	*1895*	*1987*

Таблиця 1.4 – Середня місячна та річна кількість опадів [3]

СЕРЕДНЯ МІСЯЧНА І РІЧНА КІЛЬКІСТЬ ОПАДІВ (мм) З ПОПРАВКАМИ НА ЗМОЧУВАННЯ															
Характеристика	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*	*Холодний*	*Теплий*	*Рік*
1. Семенівка															
Середня	*38*	*30*	*37*	*41*	*50*	*83*	*93*	*71*	*55*	*40*	*52*	*48*	*205*	*433*	*638*
Найменша	*4*	*3*	*4*	*1*	*1*	*6*	*19*	*9*	*1*	***0***	*6*	*3*	*86*	*274*	*410*
Найбільша	*75*	*76*	*76*	*96*	*136*	*207*	*175*	*222*	*147*	*122*	*160*	*88*	*294*	*588*	*921*
2. Щорс															
Середня	*42*	*38*	*38*	*42*	*49*	*79*	*92*	*67*	*47*	*37*	*48*	*51*	*217*	*413*	*630*
Найменша	*7*	*3*	***2***	*7*	*7*	*12*	*10*	*7*	*3*	*3*	*3*	*5*	*103*	*221*	*347*
Найбільша	*82*	*81*	*92*	*121*	*167*	*206*	*216*	*202*	*155*	*131*	*119*	*105*	*342*	*595*	*929*
3. Глухів															
Середня	*38*	*30*	*39*	*40*	*58*	*75*	*88*	*56*	*48*	*37*	*45*	*46*	*198*	*402*	*600*
Найменша	*2*	*2*	*3*	*5*	***0***	*8*	*22*	*2*	*4*	***0***	*4*	*2*	*73*	*210*	*349*
Найбільша	*147*	*95*	*93*	*150*	*142*	*171*	*191*	*139*	*161*	*149*	*116*	*131*	*383*	*601*	*818*

Сніговий покрив істотно впливає на формування клімату в зимовий сезон. Він з'являється в середині жовтня. Стійкий сніговий покрив встановлюється зазвичай до 10-15 грудня. В середньому він тримається 100-120 днів, особливо міцним він буває в останній тиждень лютого [5]. Висота снігового покриву в основному залежить від кількості опадів та температури у період снігонакопичення. У холодні зими спостерігається закономірне збільшення висоти снігового покриву протягом зими. Максимальне снігонакопичення відмічається наприкінці лютого або в березні. У теплі зими максимальна висота може бути у будь-якому місяці холодного періоду. На полях висота снігового покриву досягає 10-25 см, в лісі - 40 см [3]. На початку зими щільність снігового покриву не велика, але з часом сніг осідає і ущільнюється. Весняне збільшення щільності снігового покриву відбувається доти, доки сніг не збагатиться водою. Середня щільність дещо більша у декаду з найбільшим запасом води і становить приблизно 310 кг/м^3. Протягом зими запас води у сніговому покриві змінюється. Середній із найбільших запасів води за зиму в сніговому покриві має важливе значення для оцінки запасів води в басейні річки та вологозапасів грунту. Проаналізувавши таблицю 1.5 можна сказати, що середній запас води в сніговому покриві становить 40 – 69 мм. Остаточний схід снігового покриву відзначений в середньому по території на початку квітня. Тривалість періоду сніготанення визначається як число днів між датою початку сніготанення та датою сходу стійкого сніжного покрову.

За даними таблиці 1.6 відносна вологість у середньому становить 79 %, найменша вона у травні – червні (51 – 56%), найбільша у листопаді – грудні (92 – 93 %).

Вітровий режим обумовлюється атмосферною циркуляцією та характером підстильної поверхні. Для досліджуваної території переважаючими є швидкості вітру 2-4 м/с, середні місячні швидкості вітру у листопаді-березні становлять 2,6-3,2 м/с. Максимальна швидкість, зафіксована вимірювальними приладами (флюгер, анемометр) переважно сягає 6,9-7,8 м/с у лютому, мінімальна 1,1- 1,6 у червні (табл.1.7).

Таблиця 1.5 – Запаси води у сніговому покриві на останній день декади [3]

ЗАПАС ВОДИ (мм) У СНІГОВОМУ ПОКРИВІ ЗА СНІГОМІРНОЮ ЗЙОМКОЮ НА ОСТАННІЙ ДЕНЬ ДЕКАДИ																						
XI			*XII*			*I*			*II*			*III*			*Найбільший за зиму*							
1	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*середній*	*середнє квадратичне*	*коефіцієнт варіації*	*мінімальний*	*зима*	*максимальний*	*зима*
1. Семенівка																						
	•	•	*11*	*19*	*19*	*29*	*35*	*38*	*36*	*43*	*44*	*39*	*35*	•	***69***	*37,3*	*0,54*	*11*	*1971-72*	*157*	*1966-67*
3. Щорс																						
	•	•	•	*14*	*16*	*24*	*31*	*33*	*31*	*38*	*39*	*36*	•	•	***61***	*41,1*	*0,68*	*12*	*1971-72*	***172***	*1967-68*
16. Глухів																						
	•	•	•	*21*	*23*	*29*	*35*	*39*	*42*	*45*	*47*	*47*	***40***	•	*71*	*42,0*	*0,59*	*10*	*1971-72*	*147*	*1986-87*

Таблиця 1.6 – Середня місячна і річна відносна вологість повітря [3]

СЕРЕДНЯ МІСЯЧНА І РІЧНА ВІДНОСНА ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ (%)													
Характеристика	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*	*Рік*
1. Семенівка													
Середня	*85*	*83*	*81*	*74*	*69*	*72*	*76*	*76*	*78*	*83*	*88*	*88*	*79*
Найбільш низька	*73*	*73*	*69*	*67*	*59*	*53*	*63*	*63*	*69*	*71*	*82*	*83*	*76*
Найбільш висока	*91*	*92*	*89*	*81*	*77*	*82*	*82*	*83*	*86*	*88*	*92*	*92*	*82*
2. Щорс													
Середня	*85*	*83*	*80*	*73*	*67*	*71*	*74*	*75*	*78*	*82*	*87*	*88*	*79*
Найбільш низька	*70*	*68*	*66*	*65*	*57*	*56*	*63*	*66*	*67*	*71*	*81*	*82*	*75*
Найбільш висока	*94*	*90*	*92*	*78*	*75*	*81*	*80*	*83*	*84*	*88*	*92*	*93*	*82*
3. Глухів													
Середня	*85*	*83*	*83*	*74*	*66*	*72*	*75*	*74*	*76*	*82*	*88*	*88*	*79*
Найбільш низька	*75*	*73*	*72*	*63*	*51*	*55*	*61*	*60*	*65*	*70*	*77*	*83*	*73*
Найбільш висока	*90*	*89*	*91*	*83*	*78*	*82*	*80*	*81*	*85*	*87*	*92*	*93*	*81*

Таблиця 1.7 – Середня та річна швидкість вітру [3]

Характеристика	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*IX*	*X*	*XI*	*XII*	*Рік*
1. Семенівка (висота флюгера 12 м; М - 63 - 12 м)													
Середня	*3.7*	*3.8*	*3.5*	*3.4*	*2.9*	*2.7*	*2.5*	*2.4*	*2.9*	*3.3*	*3.8*	*3.9*	*3.2*
Найменша	*2.1*	*2.2*	*2.4*	*2.3*	*1.9*	*1.9*	*1.6*	*1.9*	*1.7*	*2.2*	*2.6*	*2.8*	*2.6*
Найбільша	*5.3*	*7.8*	*5.4*	*4.6*	*4.0*	*3.6*	*4.3*	*3.2*	*4.1*	*5.1*	*5.6*	*5.9*	*3.9*
2. Щорс (висота флюгера 12 м; М - 63 - 10 м)													
Середня	*3.1*	*3.2*	*2.9*	*2.8*	*2.4*	*2.2*	*2.1*	*2.0*	*2.3*	*2.5*	*3.0*	*3.1*	*2.6*
Найменша	*1.5*	*1.7*	*1.7*	*1.5*	*1.3*	*1.1*	*1.1*	*1.2*	*1.1*	*1.5*	*1.7*	*2.0*	*1.9*
Найбільша	*5.3*	*6.9*	*5.2*	*4.2*	*3.6*	*3.2*	*3.3*	*3.6*	*3.6*	*3.7*	*4.8*	*4.3*	*3.7*
9. Глухів(висота флюгера 12м; М-63-10м)													
Середня	*3.6*	*3.7*	*3.5*	*3.3*	*2.9*	*2.6*	*2.4*	*2.4*	*2.7*	*3.1*	*3.6*	*3.8*	*3.1*
Найменша	*1.5*	*2.0*	*1.5*	*2.2*	*1.6*	*1.1*	*1.3*	*1.4*	*1.6*	*1.9*	*1.8*	*2.2*	*2.1*
Найбільша	*5.0*	*7.2*	*5.3*	*4.5*	*4.2*	*3.7*	*3.5*	*4.0*	*3.7*	*4.1*	*5.5*	*5.1*	*4.1*

1.5 Характеристика водного режиму весняного водопілля

Характер водного режиму річок більшою мірою визначається особливостями водопілля, його тривалістю і частковою участю талих вод в річному стоці, що в свою чергу обумовлюється типом живлення річки. Річка району має змішане живлення, при тому в північній частині території роль талого стоку в формуванні річного стоку значно більше ніж в південній.

Водний режим річок даної території характеризується досить високим весняним водопіллям, яке може проходити кількома піками, обумовленими нерівномірним таненням снігу або дощами чи низькою літньо - осінньою меженню, що порушується дощовими паводками. Опади у вигляді снігу формують від 40 до 80% річного стоку. Літні дощі або не формують стоку, або їх участь у формуванні останнього дуже незначна, оскільки вода у цей період витрачається на випаровування та фільтрацію.

Таким чином, основна частина стоку формується в період весняного водопілля. Початок весняного водопілля відноситься, зазвичай, до першої-другої декади березня, інколи до другої-третьої декади лютого. Закінчується водопілля у другій декаді квітня, інколи у другій-третій декаді травня. Тривалість водопілля становить 1,5-2 місяці. Максимальні рівні весняного водопілля, як правило, є максимальними річними рівнями води і спостерігаються наприкінці березня – на початку квітня. Інтенсивність підйому рівнів води під час водопілля залежить від водності весни. Високі водопілля формуються під час пізньої весни внаслідок інтенсивного сніготанення достатньо великих снігозапасів та тривалих дощових опадів, що накладаються на основну хвилю талих вод. Характер водопілля значною мірою визначає розподіл стоку протягом року. У літньо-осінній та зимовий періоди рівні води стійкі, коливання їх незначні [3].

Співвідношення снігового, дощового та підземного живлення змінюється в різні за водністю роки. Стік весняного водопілля у багатоводні роки становить 70-80 % річного стоку, а середні за водністю роки 60-70% , а в маловодні 50-60%.

Початок водопілля на річці відноситься до першої декади березня, закінчується повінь в третій декаді травня. Тривалість водопілля складає майже 3 місяці. Пік повені зазвичай спостерігається в середині квітня. У період межені спостерігаються невеликі дощові паводки.

Мінливість стоку території призводить до того, що в багатоводні роки водні ресурси Десни з притоками в 1,5-2 рази більше, а в маловодні в 2 рази менше, ніж у середній за водністю рік.

З основних показників водного балансу випливає, що в досліджуваному районі стікає 37 % опадів, решта витрачається на випаровування. Річний хід температури води в кожному гідрологічному районі різний і відрізняється не тільки величинами температури води і термінами встановлення характерних дат.

Знижені значення температури води річки Десни обумовлено не тільки географічним положенням, але і рясним припливом ґрунтових вод.

Перші стійкі льодові явища на річці спостерігаються в першій декаді грудня, а руйнування їх відбувається в другій декаді березня. Товщина льоду на річці на початку льодоставу не перевищує 5-10 см.

На річці розглянутій території в період становлення льодоставу восени та в період відлиг спостерігаються зажорні явища, а під час періодичних розтинів і навесні мають місце затори льоду. Підйом рівня в період зажорів зазвичай не великий (близько 60-70 см) [3].

1.6 Гідрометеорологічна вивченість басейну р. Десна

На території, що розглядається розташовано 45 гідрологічних постів (рис. 1.4). Основні гідрографічні характеристики річок басейну Десни наведені у таблиці 1.8. Вона включає в себе площі водозборів, довжини та площі водозборів річок, а також дані про ступінь залісенності,заболоченості та озерності. Початок гідрологічних робіт на цій території відноситься до 1881 року.

Таблиця 1.8 - Основні гідрографічні характеристики річок басейну Десни

№	Річка - пост	F,км^2	L,км	Нср.,м	$f_б$,%	$f_л$,%	$f_{оз}$,%
1	Десна-с. Олександрівка	1710	103	220	1	16	<1
2	Десна-с. Голубєя	4770	238	210	1	27	<1
3	Десна - м. Брянськ	13700	352	190	1	40	<1
4	Десна - с. Розльоти	36300	669	190	2	30	<1
5	Ветьма - с. Круча	141	91	200	2	61	<1
6	Болва - с. Псур	3210	136	200	<1	44	<1
7	Снєжесть - м. Карачев	282	22	220	5	5	<1
8	Навля - смт. Навля	1560	71	210	3	15	<1
9	Сєв - с. Новоямське	1150	45	200	3	13	<1
10	Соля-с. Мальцево	39,4	8,3	180	3	96	0
11	Судость - смт. Погар	5180	148	180	6	16	<1
12	Коста - с. Глазово	150	11	190	4	<1	<1
13	Рожок-с. Красне	60	2,1	200	<1	8	<1
14	Івотка - с.Івот	1260	67	190	30	6	<1
15	Головесня - с. Покошичі	29,5	9,4	180	<1	13	<1
16	Неруса - с. Радогощ	1020	47	220	<1	23	<1
17	Десна -с. Вишеньки	37600					
18	Десна-с. Чернігів	81400					
19	Болва-Кіров	2010	77	230	<1	<1	34
20	Убідь-с.Кудрівка	970	75	270	4	22	<1
21	Сейм-с.Гущине	375	32	230	0	2	<1
22	Сейм-с.Зуєвка	2320	86	220	3	3	<1
23	Сейм-с.Леб'яже	4870	159	220	5	4	<1
24	Сейм-с.Ришково	7460	176	220	3	5	<1
25	Сейм-м.Рильськ	18100	395	210	3	5	<1
26	Сейм-с.Мутин	25600	643	210	3	6	<1
27	Полная-с.Губанівка	333	25	220	<1	6	<1
28	Рать-с.Беседіно	630	40	220	0	6	<1
29	Тускар-с.Свобода	1690	56	230	<1	4	<1
30	Тускар-м.Курськ	2380	98	230	<1	5	<1
31	Снова-с.Щурово	781	52	230	<1	2	<1
32	лог Мересьє-х.Олексіївський	9,50	4,4	220	0	8	0
33	лог Райчик-с.Польова Лукашівка	6,20	0,1	220	0	15	0
34	Реут-с.Любицька	960	64	210	<1	6	<1
35	Прут-с.Ширково	530	43	200	3	14	<1
36	Свапа-с.Локтіоново	419	36	220	<1	6	<1

Продовження табл.1.8

37	Свапа-с.Михайлівка	2800	72	210	1	9	<1
38	Свапа-с.Старий Город	3690	120	210	1	11	<1
39	Усожа-м.Фатєж	364	24	220	<1	4	<1
40	Чернь-с.Плоске	96,3	12	240	0	5	<1
41	Клевень-с.Шарпівка	2440	134	180	2	7	<1
42	Есмань-с.Ротівка	628	63	180	3	15	<1
43	Снов-с.Щорс (Носівка)	7140	156	160	4	16	<1
44	Рєвна-с.Залізний міст	380	34	170	3	14	<1
45	Білоус-с.Кошівка	526					

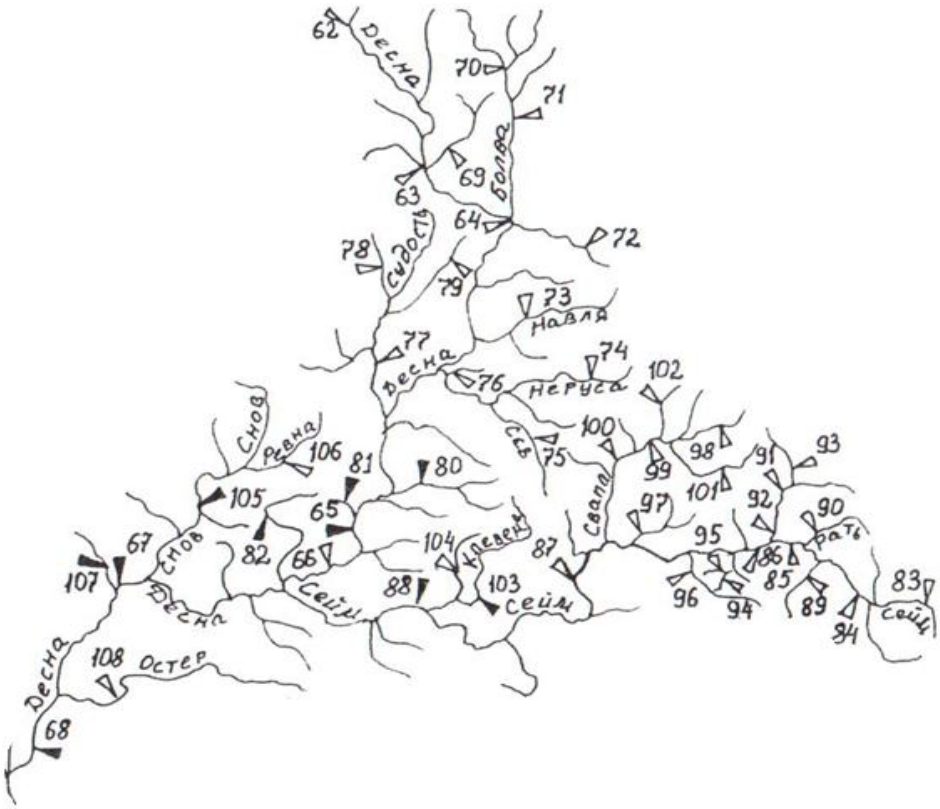


Рисунок 1.4 – Карта-схема розташування гідрологічних постів

Таблиця 1.9 - Розподіл постів за тривалістю спостережень

Кількість років спостережень					Кількість пунктів спостережень	
<10	11-15	16-20	21-50	>50		
1	3	6	23	12	45	Всього
4,4	8,86	10,9	53,1	23,9	100	Відсотки, %

З табл. 1.9 видно, що з 45 гідрологічних постів на 23 тривалість спостережень перевищує 20 років, а на 12 - перевищує 50 років. Період спостережень на постах складає від 9 (р. Неруса - с. Радогощ) до 87 років (р.Десна – м.Брянськ). В середньому кількість років спостережень – 30-40 років.

На даній території переважають малі річки з площею водозбору менше 2000 км^2. Діапазон площ водозборів коливається від 6,20 км^2 (лог Райчик – с. Польова Лукашівка) до 81400 км^2 (р. Десна-с. Чернігів). Розподіл постів по величині площ водозборів розглянуто в табл.1.10.

Таблиця 1.10 – Розподіл постів за величиною площі водозборів

Площа водозбору річки, км^2								Кількість пунктів спостережень	
<100	101-500	501-1000	1001-5000	5001-10000	10001-20000	20001-50000	>50000		
6	8	7	15	3	1	4	1	45	Всього
13,3	17,8	15,6	33,3	6,67	2,22	8,89	2,22	100	Відсотки, %

2 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК

Розрахункові формули максимальних витрат весняної повені Соколовський Д. Л. ділить на дві основні групи [11]:

1) редукційні формули, що відображають в явній формі редукцію (зменшення) модулів максимального весняного стоку із збільшенням площі водозбору,

2) об'ємні формули, що виражають максимальну витрату як функцію об'єму повені, його тривалості і геометричної форми.

Редукційні формули максимальних витрат весняної повені засновані на емпірично поміченому факті убування максимальних модулів весняного стоку із збільшенням площі водозбору і являються серед формул максимальних витрат весняної повені найбільш поширеними. Їх можна розбити на дві підгрупи:

а) емпіричні формули загального вигляду $q_{\max} = A/F$, які відображають зворотну степенну залежність модулів максимального весняного стоку від одного аргументу – площі водозбору або від багатьох аргументів (багатофакторні емпіричні формули);

б) напівемпіричні формули, що визначають максимальний модуль стоку залежно від максимальної інтенсивності сніготанення, шару і площі водозбору, або часу добігання.

Редукційні формули є однофазовими, оскільки відображають лише одну фазу весняної повені – фазу максимуму.

Об'ємні формули враховують всі фази і хід повені, і редукція максимальних модулів весняного стоку враховується ними в неявному вигляді через тривалість повені.

Всі сучасні методи, формули і розрахункові схеми Гопченко Є.Д. [8] пропонує умовно розділити на дві групи. До першої відносяться ті з них, які побудовані на основі схематизації схилового і руслового гідрографів. Другу

групу складають методи, що опираються на спрощену гідромеханічну теорію формування максимального стоку. І ті, і інші підходи в однаковій мірі застосовні як для весняної повені, так і для дощових паводків. На практиці при розрахунку максимальних витрат весняної повені найбільше поширення знайшли формули першої групи. Початковим є рівняння, яка витікає з геометричної схематизації гідрографів стоку по нелінійному трикутнику.

2.1 Формули, які спираються на геометричну схематизацію схилового і руслового гідрографів

2.1.1 Редукційні формули

Формули Д. І. Кочеріна. У роботі “ Про норми найбільших витрат води для басейнів Європейської частини СРСР за фактичними даними” опублікованої в 1928 р. Д.І. Кочерін [7] на підставі зібраних з різних джерел даних по максимальним витратам весняних і зливових паводків для 134 пунктів, розробив схему загального ландшафтного районування Європейської території СНД за умовами максимального весняного стоку і рекомендував розрахункові норми максимального весняного стоку у вигляді таблиць модулів залежно від площі водозборів по районам.

Д.І. Кочерін писав, що для всієї межі площ логарифмічний зв'язок між модулями і площами у жодному випадку не є лінійним і не може бути виражена простим рівнянням вигляду:

$$q_{\max} = \frac{A}{F^n}, \tag{2.1}$$

і тому прийняв для аналітичного вираження зв'язку максимальних модулів весняного стоку з площею водозбору степенну формулу вигляду:

$$q_{\max} = \frac{A}{F^n} - B, \tag{2.2}$$

зі змінними параметрами *A*, *B* і *n* по районам.

Норми розрахунку максимального весняного стоку Д.І. Кочеріна відіграли значну роль як в практичних розрахунках, так і в розвитку методів розрахунку максимального весняного стоку в цілому.

Так, наприклад, для Дніпра біля Києва максимальний модуль стоку по нормам Д.І. Кочеріна, складає 0,014 м^3/сек з 1 км^2 проти модуля максимального стоку 0,070 м^3/сек, що дійсно спостерігався в 1931 р., тобто в 5 разів вище. Це обумовлено структурою розрахункової формули Д.І. Кочеріна:

$$q = \frac{A}{f(F)} - B, \tag{2.3}$$

при якій різниця $\frac{A}{f(F)} - B$ стає при більших значеннях F близькою до нуля і навіть від'ємною.

Формула Д. Л. Соколовського 1937 р. Формула, розроблена в 1933 - 1937 рр. з метою розвинути і уточнити формулу Д.І. Кочеріна, була заснована на узагальненні даних по максимальному весняному стоку приблизно в 600 гідрометричних пунктах на річках Європейської і Азіатської території СНД з періодом спостережень від 5 до 60 років [11].

В результаті аналізу дослідних даних і фізичної сутності явища редукції максимального весняного стоку і з врахуванням невисокої точності вихідних даних була прийнята проста структура редукційної формули степенного виду:

$$q_{\max} = \frac{k_p A_{\max,}}{(F+1)} \delta, \tag{2.4}$$

де $A_{max,в}=q_{max}$ при $F \to 0$ (при $k_p=1,0$ и $\delta=1,0$) є максимальним модулем елементарного стоку, або максимальною інтенсивністю водовіддачі з схилів в руслову мережу; n – кутовий коефіцієнт прямих залежностей lg q=f (lg F), або показник степені редукції максимального стоку; δ – узагальнений коефіцієнт, що враховує зарегульованість максимального стоку під впливом озер, боліт, лісу, карсту і інших акумуляторів стоку; $К_р$ – коефіцієнт

розмірності, рівний одиниці при вираженні A_{max}, у в м^3/сек і рівний 0,28 при виражені A_{max}, у в мм/годину [10].

Формули Г. А. Алексєєва. З інших редукційних формул розглянемо формулу Г. А. Алексєєва, що має в останній редакції вигляд:

$$q_{\max} = \frac{rP_{\max}}{1 + \frac{p_{\max} L}{hv}}, \tag{2.5}$$

де r – коефіцієнт, який враховує зарегульованність озерами і водосховищами; P_{max} – максимальний модуль (або інтенсивність) притоку в руслову мережу зі схилів водозбору; h – шар паводочного стоку в мм, L – довжина головного водотоку в км, V– розрахункова швидкість добігання води по довжині річки, яка визначається в залежності від максимальної витрати Q_{max} та схилу f по формулі:

$$V = aI^{\frac{1}{3}} Q_{\max}^{\frac{1}{4}} \text{ м/сек}, \tag{2.6}$$

де a=0.15 (20 n)$^{-3/4}$ м/сек; n — коефіцієнт шорсткості русла і заплави.

Формула (2.5) є на думку Алексєєва, основною для розрахунку максимальних витрат як весняних повеней, так і дощових паводків. За наявності в басейні боліт і лісів формула (2.6) пишеться у вигляді:

$$q_{\max} = \frac{rP_{\max}}{\delta + \frac{p_{\max} L}{hv}}, \tag{2.7}$$

де

$$\delta = 1 + \alpha\left(f_л + f_Б\right), \tag{2.8}$$

де $f_л$ – лісистість басейну в долях від площі водозбору; $f_б$ – заболоченість; α коефіцієнт, який враховує склад лісонасаджень і рівний від одиниці для лісостепової і степової зон до двох для хвойних лісів лісової зони.

Основний параметр формули P_{max} рекомендується визначати при розрахунках максимальних витрат весняної повені по формулі [1]:

$$P_{\max} = \gamma h, \tag{2.9}$$

де $\gamma = \frac{P_{\max}}{h}$ названий Алексєєвим коефіцієнтом дружності повені і прийнятий для Європейської території СНД постійним і рівним 0,003 при розмірності P_{max} в $м^3$ /сек з 1 $км^2$ і 3,0 при розмірності в л/сек з 1 $км^2$.

Враховуючи, що час добігання $\tau = \frac{L}{v}$ або $\tau = \frac{L}{86.4v}$ діб, формулу (2.5) можна записати у виді:

$$q_{\max} = \frac{\gamma h_p r}{\delta + 86.4\gamma\tau}. \tag{2.10}$$

2.1.2 Об'ємні формули

Структура об'ємної формули має вигляд при коефіцієнті редукції шару припливу за площею k_y=1.0:

$$q_{\max} = \frac{m+1}{m}\frac{Y_{\max}}{T_n}, \tag{2.11}$$

де Y_{max} – загальний шар припливу води з схилів в руслову мережу; T_n – підстава руслового гідрографу.

Вираження (2.11) є лише одним з редакційних варіантів об'ємної формули. При одномодальній формі руслового гідрографу в загальному випадку :

$$q_{\max} = k_{ф}\frac{Y_{\max}}{T_n}, \tag{2.12}$$

де $k_{ф}$ – коефіцієнт нерівномірності руслового стоку. З рівняння (2.11) і (2.12) видно, що:

$$k_{ф} = \frac{m+1}{m}. \tag{2.13}$$

У подальшому розвитку схема А.В.Огієвського отримала в роботах В.І.Мокляка [15]. В результаті багатолітніх досліджень він для річок України розробив формулу максимальних витрат від талих вод об'ємного типу, яка в остаточному варіанті має вигляд:

$$Q_{\max} = \frac{\delta W}{T_n} = \frac{0.0116\delta Y_{\max} F}{mt_c + t_k + t_{нр}} \ , \qquad (2.14)$$

де Q_{max} – максимальна витрата 3% – вої забезпеченості; δ – коефіцієнт форми гідрографу; W – сумарний об'єм стоку; T_n – тривалість повені.

У формулі В.І.Мокляка перш за все уточнено поняття розрахункової тривалості повені $T_п$, яка дорівнює сумі:

$$T_n = T_c + t_p + t_{ск} + t_{нр}, \qquad (2.15)$$

$$T_c + t_{ск} + T_0, \qquad (2.16)$$

Тому

$$T_n = T_0 + t_p + t_{нр}, \qquad (2.17)$$

Цікавість також представляють дослідження В.І.Мокляка в частині розрахунку коефіцієнта форми руслових гідрографів δ (у наших позначеннях $k_ф$) від розміру водозбірної площі. При цьому:

а) при $(t_p+t_{ck}) < 1$діб:

$$\delta = \frac{2.8}{\sqrt{t_p + t_{ск}}}; \qquad (2.18)$$

б) при $(t_p+t_{ck}) > 11$ діб:

$$\delta = 2.8 + 0.05(t_p + t_{ск} - 11); \qquad (2.19)$$

в) в діапазоні 1 діб < $(t_p+t_{ck}) < 11$ діб:

$$\delta = 2.8 \qquad (2.20)$$

В.І. Мокляк справедливо звернув увагу і на той факт, що в більшості формул облік залісненої і заболоченості виробляється через поправочні

коефіцієнти безпосередньо до максимальної витрати, а не до параметрів стоку, які в тій чи іншій мірі обумовлені залісеністю і заболоченістю.

На цій підставі він розробив рекомендації відносно розрахунку тривалості водовіддачі на занесених і заболочених водозборах в наступному варіанті:

$$T_c(f_л, f_б) = m_c T_c \,, \tag{2.21}$$

де m_c - емпіричний коефіцієнт, який дорівнює:

$$m_c = 1 + \alpha_л \frac{f_л}{F} + \frac{f_б}{F} \tag{2.22}$$

для листяних лісів $\alpha_л$ = 0.7, для хвойних – 1.0.

Формула А.В.Огієвського – В.І.Мокляка рекомендується для практичного використання і зараз, нарівні з методикою СНІП 2.01.14–83 ширшу популярність здобула формула, обґрунтована Д.Л.Соколовським [11]. Рівняння одномодального гідрографа повені він записав у вигляді:

а) для кривої підйому:

$$Q_t = Q_{\max}\left(\frac{t}{t_n}\right)^{m'}; \tag{2.23}$$

б)для кривої спаду:

$$Q_t = Q_{\max}\left(\frac{t_{cn} - t}{t_{cn}}\right)^{n'}; \tag{2.24}$$

де t_n и t_{cn} – час підйому і спаду повені, відповідно.

При інтегруванні (2.23) і (2.24) по t_n и t_{cn}, а також подальші нескладні процедури перетворення приводять до базових рівнянь:

$$q_{\max} = \frac{Y_{\max}}{t_n} f \tag{2.25}$$

та

$$q_{\max} = \frac{Y_{\max}}{T_n} f(1+\gamma), \tag{2.26}$$

де f – коефіцієнт форми руслового гідрографа:

$$f = \frac{(m'+1)(n'+1)}{(n'+1)+\gamma(m'+1)}, \tag{2.27}$$

а $\gamma = t_{cn}/t_n$

Із зіставленням (2.11), (2.13) і (2.26), видно, що множником $f(1+\gamma)$ є коефіцієнт нерівномірності руслового стоку $k_ф$ в (2.12) або $\frac{m+1}{m}$ – в (2.11).

Найбільш прийнятним є рівняння (2.11), в якому всі параметри визначені і можуть бути порівняно просто отримані по матеріалах гідрологічних станцій і постів, особливо дня весняної повені, коли $k_y = 1.0$.

З цією метою чисельник і знаменник (2.11) помножимо на (T_0+T_p) та запишемо його у вигляді:

$$q_{\max} = \frac{m+1}{m} \frac{Y_{\max}}{T_0 + t_p} k_n, \tag{2.28}$$

де k_p – є коефіцієнт, обумовлений русло заплавним регулюванням і рівний:

$$k_n = \frac{T_0 + t_p}{T_n} \tag{2.29}$$

Рішення (2.28) досягається шляхом послідовних наближень з накладенням деяких обмежень на k_n, наприклад, $k = 1.0$ при $F \to 0$.

2.1.3 Формула СНіП 2.01.14-83

Розрахунок максимальних витрат весняної повені рекомендується розраховувати по формулі, схожій по структурі з рівнянням [7] :

$$Q_p = \frac{K_0 Y_p}{(F + F_0)^n} F \mu \delta_1 \delta_2 \delta_3, \tag{2.30}$$

де K_0 – коефіцієнт дружності повені, визначається за даними річок-аналогів шляхом зворотних розрахунків; Y_p – розрахунковий шар сумарного весняного стоку щорічної вірогідності перевищення Р% (встановлюється залежно від коефіцієнта варіації C_v і відношення C_s/C_v цієї величини, а також середнього багаторічного шару стоку Y_{max}, який визначається по річках-аналогах по карті або знаходиться по інтерполяції, мм; μ - коефіцієнт, що враховує нерівність статистичних параметрів шару стоку і максимальних витрат води (що приймається залежно від розрахункової забезпеченості і географічного положення об'єкту); $\delta_1 \delta_2 \delta_3$ – коефіцієнти, що враховують зниження максимальних витрат води в залі сінних, заболочених і зарегульованих (ставками, водосховищами, озерами) басейнах; обчислюються по формулах [12]:

$$\delta_1 = \alpha_1 / (1 + f_л)^{n2}, \tag{2.31}$$

де α – параметр, що приймається по таблиці; $f_л$ – відносна заліснена,%

При заселеності менше 3% або озерності більше 20% Коефіцієнт δ_1 приймається рівним одиниці.

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(1 + 0.1 f_б), \tag{2.32}$$

де β – коефіцієнт, що приймається по таблиці; $f_б$ – відносна заболоченість водозбору, %

За наявності внутрішньоболотяних озер, розосереджених по басейну і розташованих поза головного русла і основних припливів, останні слід включати у відносну площу боліт. При заболоченості менше 3% або при проточній озерності більше 20%, коефіцієнт приймається рівним одиниці. Коефіцієнт озерності обчислюється за формулою:

$$\delta_3 = 1 / (1 + c f'_{оз}), \tag{2.33}$$

причому коефіцієнт c приймається залежно від середнього багатолітнього шару весняного стоку Y_{max} наступний:

Y_{max}, мм	менше 20	100 та більше	від 99 до 50	від 40 до 20
C	0,4	0,2	0,2-0,3	0,3-0,4

Середній зважений коефіцієнт озерності $f_{оз}$(%) обчислюється за формулою:

$$f_{оз} = \sum_{i+1}^{n} \left(100 F_{оз} F_i / F\right) \tag{2.34}$$

За наявності в басейні озер, розташованого поза головним руслом і основними припливами, значення коефіцієнта δ_3 наступні [11]:

$F_{оз}$(%)	менше 2	більше 2
δ_3	1,0	0,8

2.2 Методи, засновані на гідромеханічних теоріях стоку.

2.2.1Генетичні моделі

Модель Бефані А.М. Руслові системи, окрім безпосереднього схилового притоку головної ріки, отримують живлення від різного порядку бічних припливів. Тому диференціальне рівняння стоку за русловою схемою записується таким чином [2]:

$$V_Д \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = n_x Q'_t \,, \tag{2.35}$$

де ω – площа поперечного перерізу русла в площині ізохрони, видаленою на відстань x, Q'_t – ординати графіка припливу води зі схилу в руслову мережу, n_x – число русел, що пересікаються в створі x, причому:

$$n_x = \frac{B_x}{2l} = \alpha B_x, \qquad (2.36)$$

де B_x – ширина басейну по ізохроні руслового добігання, відстані, що є функцією, від витоку; l – довжина схилу; α – коефіцієнт густоти мережі гідрографії.

Враховуючи (2.36), (2.35) набуде вигляду:

$$V_Д \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = \alpha Q'_t B_x, \qquad (2.37)$$

Інтегрування (2.37) виконано за таких початкових і граничних умов: : t=0, ω=0 і x=0, ω=0. Залежно від співвідношення між часом руслового добігання t_p і тривалістю припливу води з схилів в руслову мережу T_0. Отримано два основних типу формування максимального стоку – розвиненого, коли $t_p < T_0$ сповільненого, коли $t_p \geq T_0$.

У першому випадку максимальна витрата формується частиною припливу схилу при площі живого перерізу:

$$\omega_{\max} = \alpha \int_{t_{кр}-t_p}^{t_{кр}} Q'_t B_x dt, \qquad (2.38)$$

де $t_{кр}$ – час настання максимальної витрати.

Максимальний модуль стоку при цьому є:

$$q_{\max} = \frac{Y_{t_p}}{t_p} k_1, \qquad (2.39)$$

де Y_{t_p} – коефіцієнт діючого шару схилового припливу; k_1 – перший гідрографічний коефіцієнт:

$$k_1 = \frac{\int_{t_{кр}-t_p}^{t_{кр}} Q'_t B_x dt}{B_{ср} \int_{t_{кр}-t_p}^{t_{кр}} Q'_t dt}, \qquad (2.40)$$

де $B_{ср}$ – середня ширина водозбору по ізохронах руслового добігання.

При сповільненому стоці площа живого перетину, яка обумовлює формування максимальної витрати Q_m, рівна:

$$\omega_{\max} = \alpha \int_0^{T_0} Q'_t \, B_x dt, \tag{2.41}$$

Максимальний модуль стоку при цьому:

$$q_{\max} = \frac{Y_{\max}}{t_p} k_2, \tag{2.42}$$

де k_2 – другий гідрографічний коефіцієнт:

$$k_2 = \frac{\int_0^{T_0} Q'_t \, B_x dt}{B_{cp} \int_0^{T_0} Q'_t \, dt}, \tag{2.43}$$

Зважаючи, що $Y_{t_p} / Y_{\max} = \varphi$, узагальнене рівняння для максимального модуля, об'єднуючи (2.39) і (2.42), запишеться таким чином:

$$q_{\max} = \frac{Y_{\max}}{t_p} \varphi k_Г, \tag{2.44}$$

де $k_Г$ – гідрографічний коефіцієнт, який дорівнює k_1 – при $(t_p/T_0) < 1.0$ и k_2, якщо $(t_p/T_0) \geq 1.0$.

Моделі Огієвського А.В. і Железняка І.А. Виходячи із загальних уявлень про процеси формування поверхневого стоку на основі методу ізохрон руслового добігання, Огієвський А.В. [15] в 1945г. запропонував формули вигляду:

а) при $t_p > T_c$

$$Q_{\max} = \rho \frac{Y_{\max}}{T_c} F_Д = \rho Y_{\max} b_Д V_Д, \tag{2.45}$$

де $F_Д$ – дієва площа водозбору, $b_д$ – середня ширина басейну в рамках дієвої площі водозбору, ρ – коефіцієнт обліку нерівномірності розвитку басейну;

б) при 1 діб $<t_p<T_c$

$$Q_{\max} = \rho \frac{Y_{\max}}{T_c} k'F, \tag{2.46}$$

де k' – коефіцієнт обліку нерівномірності добової віддачі;

в) $t_p<$ 1 діб

$$Q_{\max} = \rho \frac{Y_{\max}}{T_c} k'k''F, \tag{2.47}$$

де k'' – коефіцієнт обліку нерівномірності усередині добової віддачі, при чому $k'' > 1.0$.

Розвиток теорії формування гідрографів весняної повені на основі схеми Огієвського А.В. здійснювалася Железняком І.А. і його учнями. У своїй концепції Железняк І.А. [15] спирається на один з варіант методу ізохрон і виводить формулу для визначення максимальної середньодобової витрати талих вод:

$$\widetilde{Q}_{\max} = 0.0116 K_{М.Г.М} Y_{\max} F, \tag{2.48}$$

де Y_{max} – шар стоку за повінь, а $K_{М.Г.М}$ – метеоролого – гідравліко – морфометричний параметр, який дорівнює:

$$K_{М.Г.М} = \frac{\varphi}{t_p} \varepsilon_F = \varphi' \varepsilon_F, \tag{2.49}$$

де φ' – трансформаційна функція.

$$\widetilde{Q}_{\max} = 0.0116 \frac{Y_{\max} \varphi}{t_p} F \varepsilon_F, \tag{2.50}$$

3 СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВИХ РЯДІВ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ВОДИ І ШАРІВ СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ р. ДЕСНА

Відповідно рекомендаціям СНіП 2.01.14.83 [7], статистичну обробку рядів максимальних витрат і шарів стоку виконують з використанням кривих біноміального і трипараметричного гама-розподілу.

Основні гідрологічні характеристики – це середні значення рядів, коефіцієнти варіації і асиметрії розраховуються за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності.

3.1 Методи визначення статистичних параметрів стокових рядів

При відомих значеннях статистичних параметрах витрати води заданої забезпеченості при використанні біноміальної кривої розподілу визначаються по формулах:

$$Q_p = \overline{Q}_m \left[1 + C_v \Phi(P, C_v\right]. \tag{3.1}$$

Нормовані ординати розподілу Пірсону III типу $\Phi(P,C_v)=(k_P-1)/C_v$ приведені в таблиці.

Відповідно для трипараметричного гама-розподілу:

$$Q_p = k_p \overline{Q}_m \ , \tag{3.2}$$

де k_p – модульні коефіцієнти, які вибираються з таблиці залежно від співвідношення C_S/C_V, заданої забезпеченості P% і коефіцієнта варіації C_V .

3.1.1. Розрахунки статистичних параметрів за методом моментів

В основі цього методу лежить визначення статистичних параметрів кривих розподілу через статистичні моменти. Поняття моментів прийшло в статистику з механіки, де воно використовується для опису розподілу мас. У

статистиці значення дискретної випадкової величини представляється у вигляді матеріальної точки з масою, пропорційною ймовірності появи цієї випадкової величини.

Тоді сума добутків усіх можливих значень випадкової величини x_i на ймовірність цих значень P_i являє собою абсцису центру тяжіння усієї системи N матеріальних точок (математичне сподівання):

$$m_\chi = \sum_{i=1}^{n} pi\chi_i \tag{3.3}$$

або середньозважене із значень x_i. Причому кожне із значень під час осереднення враховується з вагою, пропорційною ймовірності появи цього значення

$$m_\chi = \frac{\chi_1 p_1 + \chi_2 p_2 + \ldots + \chi_n p_n}{p_1 + p_2 + \ldots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \chi_i p_i}{\sum_{i=1}^{n} p_i}. \tag{3.4}$$

При описуванні властивостей статистичних сукупностей використовуються моменти двох видів: початкові та центральні - μ

$$\alpha_\ell = \sum_{i=1}^{n} \chi_i^\ell p_i \ , \tag{3.5}$$

а

$$\mu_\ell = \sum_{i=1}^{n} \left(\chi_i - m_\chi\right)^\ell p_i, \tag{3.6}$$

де l – порядок моменту.

Перший початковий момент α_1, дорівнює математичному сподіванню m_x . Другий центральний момент називають дисперсією і позначають σ_χ^2. З них найбільше застосування у статистиці знайшли статистичні моменти α_1, μ_2, μ_3, μ_4 та їх безрозмірні характеристики (нормовані моменти). Останні мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

$$C_v = \frac{\sqrt{\mu_2}}{m_x} \text{ або } C_v = \frac{\sigma_x}{m_x} \quad , \tag{3.7}$$

- коефіцієнт асиметрії

$$C_s = \frac{\mu_3}{\sigma_x^3} \quad , \tag{3.8}$$

- ексцес

$$\mathrm{E} = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4} - 3 . \tag{3.9}$$

Кожен з цих моментів містить у собі певну інформацію про характер розподілу випадкової величини. Перший початковий момент α_1 або *математичне сподівання* m_x є центром розподілу випадкової величини.

Другий центральний момент μ_2 або дисперсія σ_x^2 характеризує розсіювання значень випадкової величини відносно математичного сподівання. Дисперсія випадкової величини має розмірність квадрату випадкової величини. Але для більш наочної характеристики розсіювання зручно користуватися величиною, розмірність якої співпадає з розмірністю випадкової величини. Для цього з дисперсії добувають квадратний корінь. Отримана величина називається *середнім квадратичним відхиленням* (стандартом) випадкової величини і позначається символом σ_x. Стандарт, представлений у безрозмірному вигляді (3.7), називається *коефіцієнтом варіації.*

Третій центральний момент μ_3 служить характеристикою асиметрії розподілу. Якщо розподіл випадкової величини симетричний відносно m_x, то μ_3 дорівнює нулю. Безрозмірна характеристика асиметрії (3.8) називається *коефіцієнтом асиметрії.*

Четвертий центральний момент μ_4 використовується для характеристики так званої "крутості", тобто гостровершинності кривої розподілу. Ця властивість розподілу описується за допомогою так званого

ексцесу (3.9). Число 3 віднімається від співвідношення тому, що для нормального закону розподілу $\mu_4 / \sigma_x^4 = 3$. Отже ексцес нормального закону розподілу E дорівнює 0. Додатній ексцес означає, що крива більш гостровершинна у порівнянні з нормальною. Більш плоскі відносно нормальної криві мають від'ємний ексцес.

Розглянемо вибіркові оцінки перелічених моментів:

$$\alpha_1 = m_{x-x} = \sum_{i=1}^{n} x_i p_i \,, \tag{3.10}$$

$$\beta_2 = \sum_{i=1}^{n} (x_i - m_x)^2 p_i \,, \tag{3.11}$$

$$\beta_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^3}{n} \,, \tag{3.12}$$

$$\beta_4 = \sum_{i=1}^{n} (x_i - m_x)^4 p_i \,, \tag{3.13}$$

де n – довжина вибірки;

$\alpha_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ - вибіркові оцінки статистичних моментів;

p_i - відносна частота кожного значення x_i .

Вибіркова оцінка математичного сподівання називається середнім арифметичним значенням і позначається як $\bar{x}$. Якщо вихідний ряд розглядати як згрупований, у якому значенням випадкової величини відповідають абсолютні частоти, що дорівнюють одиниці, то відносна частота розраховується за формулою:

$$p_i = \frac{1}{n} \tag{3.14}$$

Формули для розрахунків статистичних моментів набувають такого вигляду:

$$\alpha = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}, \tag{3.15}$$

$$\beta_2 = \sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n}, \tag{3.16}$$

$$\beta_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^3}{n}, \tag{3.17}$$

$$\beta_4 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^4}{n}. \tag{3.18}$$

Нормовані статистичні моменти C_v та C_s можна виразити через модульні коефіцієнти k_i:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (k_i - 1)^2}{n}}, \tag{3.19}$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^{n} (k_i - 1)^3}{n C_v^3}, \tag{3.20}$$

де:

$$k_i = \frac{x_i}{\bar{x}} \tag{3.21}$$

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього та більш вищих порядків не відповідають вимогам незміщеності. Отже при використанні розрахункових формул, наведених вище, ми будемо обчислювати моменти з систематичною похибкою. Для уникнення цього у формули (3.16), (3.17) та (3.19), (3.20) вводяться поправочні коефіцієнти:

для другого центрального моменту:

$$\frac{n}{n-1}, \tag{3.22}$$

для третього

$$\frac{n^2}{(n-1)(n-2)}. \tag{3.23}$$

В результаті розрахункові формули мають такий вигляд:

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \tag{3.24}$$

або

$$C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(k_i - 1)^2}{n-1}}, \tag{3.25}$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^3}{\sigma_x^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)}, \tag{3.26}$$

або

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^{n}(k_i - 1)^3}{C_v^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)} \tag{3.27}$$

Що стосується ексцесу, то ця характеристика розподілу не використовується у гідрологічних розрахунках, тому що навіть при відносно довгих рядах стоку вона є недостовірною [15].

Слід відзначити, що введення поправочних множників (3.22) та (3.23) допомагає усунути зміщеність параметрів стокових рядів лише при C_v<0,5. При C_v > 0,5 застосування методу моментів у гідрологічних розрахунках не рекомендується.

3.1.2 Розрахунки статистичних параметрів стоку за методом найбільшої правдоподібності

Походження назви цього методу пов'язане з застосуванням функції правдоподібності до визначення статистичних параметрів трьохпараметричного гама-розподілу С.М. Крицького та М.Ф.Менкеля [1].

З одного боку, функція правдоподібності - це ймовірність сумісної появи вибірки в цілому. З другого, ймовірність сумісної появи події - це добуток ймовірностей появи кожної з подій. Отже, це добуток щільностей ймовірності усіх елементів вибірки, що містять у собі невідомий параметр, який треба оцінити [1].

Метод найбільшої правдоподібності - метод математичної статистики, у якому за оцінку невідомого значення параметру щільності ймовірності береться те його значення, при якому функція правдоподібності досягає свого максимуму для даної вибірки випадкових величин, звідки і пішла назва - метод найбільшої правдоподібності. Математичний вираз для функції правдоподібності з невідомим параметром θ має такий вигляд:

$$L(x_1,x_2,x_3,\ldots,x_n,\theta)=f(x_1,\theta),\ldots f(x_n,\theta). \qquad (3.28)$$

Відповідно до правил диференційного числення для того, щоб знайти оцінку θ, необхідно вирішити рівняння:

$$\frac{\partial L}{\partial \theta}=0 \quad . \qquad (3.29)$$

З ціллю спрощення розрахунків функції правдоподібності її логарифмують і розглядають рівняння:

$$\frac{1L}{L}\frac{\partial L}{\partial \theta}=\frac{\partial \ln L}{\partial \theta}=0. \qquad (3.30)$$

Таким чином, якщо для деякого параметра існує його ефективна оцінка, то вона є єдиним в цьому випадку рішенням рівняння (3.30). Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним зміщенням. Строге рішення приводить до складних

трансцендентних рівнянь. У зв'язку з цим був запропонований спрощений засіб оцінки параметрів. У результаті отримані такі статистики:

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} . \tag{3.31}$$

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} . \tag{3.32}$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{\bar{x}} lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} . \tag{3.33}$$

Перша із статистик λ_1 дорівнює середньоарифметичному значенню випадкової величини x. Дві другі (λ_2, λ_3) функціонально зв'язані з коефіцієнтом варіації C_v та коефіцієнтом асиметрії C_s. Для переходу від λ_2 та λ_3 до C_V та C_s/C_V побудовані спеціальні номограми.

Деяка зміщеність параметрів λ_2 та λ_3 може бути усунена за рахунок поправочного множника $\frac{n}{n-1}$, тоді:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} lg\, k_i}{n-1} . \tag{3.34}$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i\, lg\, k_i}{n-1} . \tag{3.35}$$

Метод найбільшої правдоподібності рекомендується для визначення параметрів, коли використовується крива трьохпараметричного гамма-розподілу, а також заслуговує на перевагу при Cv>0,5.

3.2 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води

Середні значення рядів $\overline{Q}_m$, коефіцієнти варіації C_v і асиметрії C_s, а також коефіцієнт автокореляції R1, розраховані за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності, приведені в табл. 3.1.

Як видно з табл.3.1, максимальне середнє значення витрат води спостерігається в пункті 18 (р. Десна – м. Чернігів) і складає 1824 м^3/с. Найменша витрата – в пункті 10 (р.Соля-с. Мальцево) і вона складає 1,48 м^3/с.

За методом моментів значення коефіцієнтів варіації C_v змінюються від 0,43 (р. Болва - с. Псур) до 1,15 (р. Клевень - с. Шарпівка) при середньому значенні 0,74. Значення коефіцієнтів асиметрії змінюються від 0,52 (р. Івотка - с.Івот) до 3,04 (р. Клевень - с. Шарпівка) при середньому значенні 1,45.

За методом найбільшої правдоподібності значення коефіцієнтів варіації C_v змінюються від 0,43 (р. Болва - с. Псур) до 1,21 (р. Клевень - с. Шарпівка) при середньому значенні 0,76. Значення коефіцієнтів асиметрії C_s змінюються від 0,56 (р. Івотка - с.Івот) до 4,44 (р.Соля-с. Мальцево) при середньому значенні 1,84. Відношення C_s /C_v в середньому дорівнює 2,4.

Коефіцієнти варіації, розраховані за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності, мало відрізняються (рис.3.1).

Таблиця 3.1 – Статистичні характеристики часових рядів максимальних витрат весняного водопілля в басейні р. Десна

№ п/п	Річка-пост	$\overline{Q}_m$ м³/с	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
			C_v	C_s	R_1	C_v	C_s	C_s/C_v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Десна-с. Олександрівка	256	0,56	0,71	0,09	0,57	0,76	1,33
2	Десна-с. Голубєя	386	0,7	1,05	0,08	0,7	1,16	1,66
3	Десна - м. Брянськ	980	0,69	0,87	1,3	0,7	0,94	1,34
4	Десна - с. Розльоти	923	0,65	1,94	0,13	0,66	2,37	3,59
5	Ветьма - с. Круча	102	0,76	1,54	0,15	0,77	1,9	2,47
6	Болва - с. Псур	253	0,43	0,71	0,24	0,43	0,75	1,74
7	Снєжесть - м. Карачев	48,7	0,53	1,38	0,01	0,54	1,67	3,09
8	Навля - смт. Навля	151	0,67	1,98	0,3	0,68	2,71	3,99

Продовження табл.3.1

9	Сєв - с. Новоямське	111	0,67	0,99	0,21	0,68	1,14	1,68
10	Соля-с. Мальцево	1,48	0,75	2,84	0,11	0,82	4,44	5,41
11	Судость - смт. Погар	413	0,7	0,9	0,18	0,71	0,99	1,39
12	Коста - с. Глазово	39,8	0,69	1,1	-0,12	0,7	1,28	1,83
13	Рожок-с. Красне	16,2	0,74	1,78	-0,01	0,75	2,47	3,29
14	Івотка - с.Івот	77,7	0,6	0,52	0,26	0,6	0,56	0,93
15	Головесня - с. Покошичі	7,93	0,91	2,71	0,07	0,94	3,56	3,79
16	Неруса - с. Радогощ	121	0,86	2,4	0,27	0,96	4,43	4,61
17	Десна -с. Вишеньки	1479	0,63	1,41	0,6	0,64	1,71	2,7
18	Десна-м. Чернігів	1824	0,87	2,27	0,12	0,87	2,53	2,9
19	Болва-Кіров	292	0,68	0,98	0,08	0,68	1,2	1,8
20	Убідь-с.Кудрівка	48,1	0,8	1,07	0,26	0,81	1,15	1,4
21	Сейм-с.Гущине	58,7	1,05	1,39	0,36	1,09	1,83	1,7
22	Сейм-с.Зуєвка	252,3	0,66	0,87	-0,07	0,66	0,93	1,4
23	Сейм-с.Леб'яже	375,6	0,66	0,84	-0,01	0,66	0,91	1,4
24	Сейм-с.Ришково	548,7	0,88	1,71	0,17	0,89	1,94	2,2
25	Сейм-м.Рильськ	785,8	0,79	1,38	0,18	0,79	1,52	1,9
26	Сейм-с.Мутин	834,8	0,9	1,65	0,34	0,91	1,82	2
27	Полная-с.Губанівка	36,4	0,94	1,62	0,23	0,97	2,25	2,3
28	Рать-с.Беседіно	65,9	0,77	1,69	0,16	0,78	2,11	2,7
29	Тускар-с.Свобода	178,3	0,78	1,83	0,39	0,8	2,54	3,2
30	Тускар-м.Курськ	257,8	0,73	1,29	0,24	0,74	1,4	1,9
31	Снова-с.Щурово	106,4	0,49	0,97	0,25	0,49	1,07	2,2
32	лог Мересьє-х.Олексіївський	2,79	0,71	0,99	0,33	0,72	1,16	1,6
33	лог Райчик-с.Польова Лукашівка	2,08	0,7	0,7	0,29	0,71	0,77	1,1
34	Реут-с.Любицька	102,8	0,8	2,19	-0,005	0,82	2,81	3,4
35	Прут-с.Ширково	45,3	0,52	1,68	0,31	0,52	2,05	4
36	Свапа-с.Локтіоново	56,1	0,66	1,52	0,31	0,67	1,92	2,9
37	Свапа-с.Михайлівка	285,7	0,69	1,21	0,31	0,7	1,49	2,1
38	Свапа-с.Старий Город	429,8	0,73	1,32	0,33	0,74	1,47	2
39	Усожа-м.Фатєж	53,5	0,59	0,62	0,18	0,59	0,66	1,1
40	Чернь-с.Плоске	32,83	0,59	0,96	0,45	0,6	1,11	1,9
41	Клевень-с.Шарпівка	110,9	1,15	3,04	0,58	1,21	4,05	3,4
42	Есмань-с.Ротівка	55,03	0,81	1,25	0,24	0,81	1,39	1,7
43	Снов-с.Щорс (Носівка)	281,7	0,83	1,24	0,4	0,84	1,36	1,6
44	Рєвна-с.Залізний міст	30,11	1,09	2,42	0,18	1,15	4,39	3,8
45	Білоус-с.Кошівка	29,7	0,99	1,66	-0,007	1,02	2,1	2,1
	Середнє	279	0,74	1,45		0,76	1,84	2,5

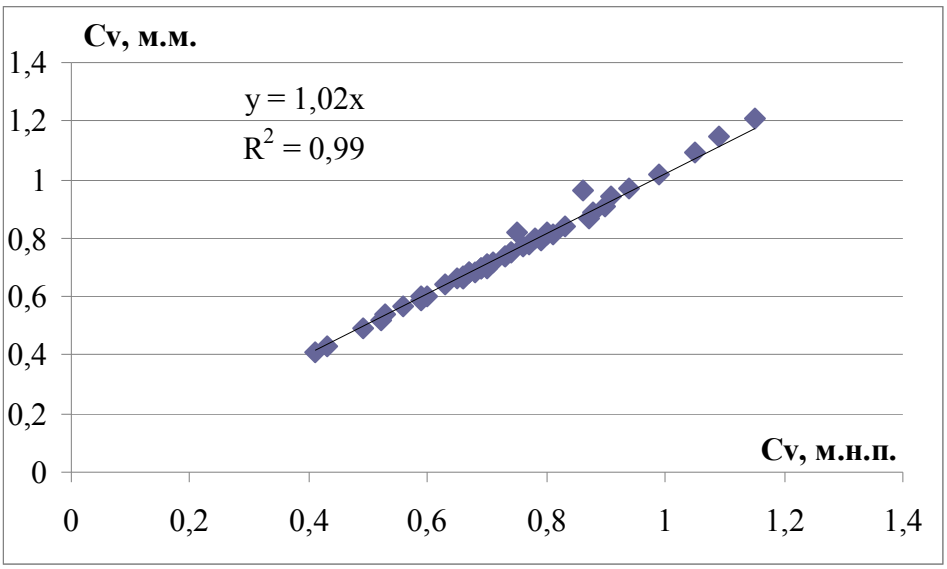


Рисунок 3.1 – Графік порівняння коефіцієнтів варіації, розрахованих за методом моментів (вісь ординат) та методом найбільшої правдоподібності (вісь абсцис)

3.3 Статистична обробка рядів максимальних шарів стоку весняного водопілля

Середні значення рядів $\overline{Y}_m$, коефіцієнти варіації C_v і асиметрії C_s, а також коефіцієнт автокореляції R_1, розраховані за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності приведені в табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Статистичні характеристики часових рядів максимальних шарів стоку весняного водопілля в басейні р. Десна

№ п/п	Річка-пост	$\overline{Y}_m$, мм	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
			C_v	C_s	R_1	C_v	C_s	C_s/C_v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Десна-с. Олександрівка	108	0,38	0,9	0,09	0,38	0,99	2,6
2	Десна-с. Голубєя	102	0,39	0,53	0,18	0,38	0,56	1,5
3	Десна - м. Брянськ	96	0,38	0,94	0,09	0,38	0,98	2,6
4	Десна - с. Розльоти	81	0,31	0,99	0,12	0,3	1,04	3,5
5	Ветьма - с. Круча	77	0,51	0,81	0,19	0,51	0,89	1,7
6	Болва - с. Псур	80	0,34	0,37	0,07	0,34	0,41	1,2

Продовження табл.3.2

7	Снєжесть - м. Карачев	104	0,47	1,2	0,32	0,46	1,41	3
8	Навля - смт. Навля	78	0,46	1,19	0,3	0,46	1,4	3
9	Сєв - с. Новоямське	61	0,55	0,97	0,25	0,55	1,12	2
10	Соля-с. Мальцево	40	0,64	1,65	0,21	0,65	2,09	3,2
11	Судость - смт. Погар	67	0,51	0,9	0,18	0,51	0,99	1,9
12	Коста - с. Глазово	107	0,55	1,1	0,03	0,55	1,28	2,3
13	Рожок-с. Красне	79	0,64	1,54	0,17	0,65	2,06	3,2
14	Івотка - с.Івот	52	0,43	1,12	0,08	0,43	1,22	2,9
15	Головесня - с. Покошичі	61	0,62	1,4	0,27	0,62	1,51	2,4
16	Неруса - с. Радогощ	71	0,6	1,75	0,4	0,62	2,62	4,2
17	Десна -с. Вишеньки	99	0,30	0,34	0,15	0,3	0,38	1,2
18	Десна-с. Чернігів	77	0,39	1,28	0,12	0,38	1,33	3,5
19	Болва-Кіров	102	0,45	0,74	0,08	0,45	0,87	1,9
20	Убідь-с.Кудрівка	46	0,49	1,23	0,29	0,48	1,35	2,8
21	Сейм-с.Гущине	43	0,74	0,95	0,25	0,76	1,16	4,5
22	Сейм-с.Зуєвка	62	0,56	0,46	0,08	0,56	0,49	0,9
23	Сейм-с.Леб'яже	60	0,49	0,25	0,17	0,49	0,29	0,6
24	Сейм-с.Ришково	66	0,51	0,71	0,3	0,51	0,75	1,5
25	Сейм-м.Рильськ	70	0,45	0,68	0,18	0,45	0,71	1,6
26	Сейм-с.Мутин	71	0,53	1,46	0,33	0,53	1,58	3
27	Полная-с.Губанівка	59	0,77	2,03	0,17	0,84	3,34	4
28	Рать-с.Беседіно	62	0,55	1,33	0,12	0,55	1,6	2,9
29	Тускар-с.Свобода	66	0,58	1,54	0,29	0,59	2,13	3,6
30	Тускар-м.Курськ	75	0,53	1,25	0,16	0,53	1,37	2,6
31	Снова-с.Щурово	71	0,54	2,01	0,12	0,56	2,75	4,9
32	лог Мересьє-х.Олексіївський	43	0,89	1,19	0,17	0,92	1,5	1,6
33	лог Райчик-с.Польова Лукашівка	52	0,76	1,21	0,19	0,78	1,53	2
34	Реут-с.Любицька	67	0,53	0,83	0,13	0,53	0,89	1,7
35	Прут-с.Ширково	74	0,42	0,53	0,32	0,42	0,56	1,3
36	Свапа-с.Локтіоново	79	0,52	1,6	0,2	0,53	2,07	3,9
37	Свапа-с.Михайлівка	75	0,58	0,81	0,3	0,59	0,95	1,6
38	Свапа-с.Старий Город	82	0,49	0,96	0,37	0,49	1,03	2,1
39	Усожа-м.Фатєж	71	0,51	1,38	0,1	0,51	1,67	3,3
40	Чернь-с.Плоске	86	0,62	0,9	0,41	0,63	1,07	1,7
41	Клевень-с.Шарпівка	54	0,67	2,31	0,54	0,68	2,83	4,2
42	Есмань-с.Ротівка	55	0,56	1,59	0,2	0,56	1,83	3,3
43	Снов-с.Щорс (Носівка)	58	0,43	0,9	0,31	0,42	0,95	2,2
44	Рєвна -с.Залізний Міст	54	0,71	2,13	0,29	0,76	3,58	4,7
45	Білоус-с.Кошівка	30	0,61	0,86	-0,08	0,62	0,95	1,5
	Середнє	70	0,53	1,13	0,20	0,54	1,38	2,57

Аналіз табл.3.2 показує, що середні багаторічні значення шарів стоку весняного водопілля в межах досліджуваної території змінюються наступним чином: від 30 мм (р. Білоус – х. Кошівка) до 108 мм (р. Десна – с.Олександрівка).

За методом моментів значення коефіцієнтів варіації C_v змінюються від 0,30 (р. Десна -с. Вишеньки) до 0,89 (лог. Мересьє – х. Олексіївський) при середньому значенні 0,53. Значення коефіцієнтів асиметрії змінюються від -0,25 (р. Сейм-с.Леб'яже) до 2,31 (р. Клевень –с.Шарпівка) при середньому значенні 1,13.

За методом найбільшої правдоподібності значення коефіцієнтів варіації C_v змінюються від 0,30 (р. Десна -с. Вишеньки) до 0,92 (лог. Мересьє – х.Олексіївський) при середньому значенні 0,54. Значення коефіцієнтів асиметрії змінюються від 0,29 (р. Сейм-с.Леб'яже) до 3,58 (р. Рєвна-с.Залізний Міст) при середньому значенні 1,38. Відношення C_s/C_v осереднене в середньому дорівнює 2,57.

3.4 Оцінка точності вихідної інформації по максимальному стоку весняного водопілля

Для об'єктивної оцінки точності обчислення максимальних витрат води різної вірогідності перевищення ($Q_{1\%}$) необхідно визначити їх середню квадратичну помилку. Середня квадратична помилка квантилів, визначених за допомогою кривої Пірсону III типу, виходячи їх двох перших вибіркових статистичних моментів і заданого співвідношення між коефіцієнтами асиметрії і варіації, по методиці Г.А.Алексєєва [2]:

$$\sigma_{Q_{1\%}} = \frac{100}{Q_{p_{1\%}}} \sqrt{\left(1 + C_v \Phi_{p_{1\%}}\right)^2 \frac{C_v^2 \overline{Q}_m^2}{n} + \left(\Phi_{p_{1\%}} + C_s \frac{d\Phi_p}{dC_s}\right) \times \overline{Q}_m^2 C_v^2 \left(\frac{C_v^2}{n} + \frac{1 + 0{,}75 C_s^2}{2n} - \frac{C_s}{C_v}\right)} \quad (3.36)$$

де n – кількість років спостережень, $\frac{d\Phi_p}{dC_s}$ – приватна похідна, яка приблизно може бути обчислена за формулою:

$$\frac{d\Phi_p}{dC_s} \cong \frac{\Phi(P, C_s + \Delta C_s) - \Phi(P, C_s)}{\Delta C_s} \tag{3.37}$$

за допомогою сусідніх значень $\Phi(P,C_v)$ і $\Phi(P,C_s+\Delta C_s)$ в таблиці нормованих квантилів кривої Пірсона III типу [11].

С.М.Крицький та М.Ф.Менкель [3] розробили номограми для визначення відносної стандартної помилки квантилів трьохпараметричного гамма-розподілу $\left(E_\sigma = \frac{\sigma_{Q_p}\sqrt{n}}{Q_p} \right)$ з відношеннями $C_s = 2C_v$, $3C_v$, $4C_v$. Таким чином, визначивши величину по номограмі, можна знайти середню квадратичну помилку квантилів Q_p формулі:

$$\frac{\sigma_{Q_p}}{Q_p} = \frac{E_\sigma}{\sqrt{n}} 100. \tag{3.38}$$

Оскільки в данному випадку відношення $C_s/C_v = 2{,}5$, спосіб визначення відносної середньої квадратичної помилки за допомогою номограм не підходе.

По формулі (3.36) розраховуються середньоквадратичні помилки 1% - го квантиля $Q_{1\%}$ вихідних даних максимальних витрат (табл. 3.3).

Як видно з табл. 3.3, середньоквадратичні помилки коливаються в межах від 9 до 38 %. Збільшення значень помилок залежить від зменшення кількості років спостережень. Середня похибка склала 20%.

Таблиця 3.3 – Розрахунок середньоквадратичної похибки витрат води забезпеченістю P = 1%

№ п/п	Річка-пост	n, років	$Q_{1\%}$, $м^3/с$	C_v	Eσ	$σQ_{1\%}$
1	Десна-с. Олександрівка	36	714	0,57	1,10	18
2	Десна-с. Голубєя	38	1328	0,70	1,30	21
3	Десна - м. Брянськ	75	3138	0,70	1,30	15
4	Десна - с. Розльоти	62	2814	0,66	1,02	13
5	Ветьма - с. Круча	29	403	0,77	1,38	26
6	Болва - с. Псур	38	607	0,43	1,01	16
7	Снєжесть - м. Карачев	28	141	0,54	1,08	20
8	Навля - смт. Навля	35	1753	0,68	1,30	22
9	Сєв - с. Новоямське	23	382	0,68	1,30	27
10	Соля-с. Мальцево	33	24,8	0,82	1,04	18
11	Судость - смт. Погар	31	1496	0,71	1,05	19
12	Коста - с. Глазово	26	145	0,70	1,06	21
13	Рожок-с. Красне	21	63	0,75	1,18	26
14	Івотка - с.Івот	65	230	0,6	0,98	12
15	Головесня - с. Покошичі	78	36	0,94	1,30	15
16	Неруса - с. Радогощ	15	535	0,96	1,22	32
17	Десна -с. Вишеньки	31	4748	0,64	1,28	23
18	Десна-с. Чернігів	127	7460	0,87	1,21	11
19	Болва-Кіров	8	996	0,68	1,30	46
20	Убідь-с.Кудрівка	55	186	0,81	1,18	16
21	Сейм-с.Гущине	22	300	1,09	1,47	31
22	Сейм-с.Зуєвка	40	878	0,66	1,04	16
23	Сейм-с.Леб'яже	40	1221	0,66	1,02	16
24	Сейм-с.Ришково	67	2321	0,89	1,21	15
25	Сейм-м.Рильськ	60	3029	0,79	1,10	14
26	Сейм-с.Мутин	85	3618	0,91	1,24	13
27	Полная-с.Губанівка	23	167	0,97	1,50	31
28	Рать-с.Беседіно	38	246	0,78	1,04	17
29	Тускар-с.Свобода	27	674	0,80	1,03	20
30	Тускар-м.Курськ	68	918	0,74	1,02	12
31	Снова-с.Щурово	28	288	0,49	0,86	16
32	лог Мересьє-х.Олексіївський	18	11	0,72	1,02	24

Продовження табл.3.3

33	лог Райчик-с.Польова Лукашівка	17	11	0,71	1,16	28
34	Реут-с.Любицька	39	423	0,82	1,08	17
35	Прут-с.Ширково	34	128	0,52	1,10	19
36	Свапа-с.Локтіоново	31	182	0,67	0,95	17
37	Свапа-с.Михайлівка	26	966	0,70	1,00	20
38	Свапа-с.Старий Город	56	1530	0,74	1,06	14
39	Усожа-м.Фатєж	38	158	0,59	0,98	16
40	Чернь-с.Плоске	26	97	0,60	0,98	19
41	Клевень-с.Шарпівка	65	610	1,21	1,40	17
42	Есмань-с.Ротівка	51	213	0,81	1,15	16
43	Снов-с.Щорс (Носівка)	56	1152	0,84	1,19	16
44	Рєвна-с.Залізний міст	20	158	1,15	1,45	32
45	Білоус-с.Кошівка	37	142	1,02	1,51	25
					середнє	±20%

4 ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ДЛЯ НОРМУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ р. ДЕСНА

У попередніх розділах надається аналіз формул максимального стоку річок. Для весняного водопілля свого часу була поширена формула редукційного вигляду, а саме [11,12]

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}}, \tag{4.1}$$

де q'_m – максимальний модуль схилового припливу;

q_m - максимальний модуль стоку;

F – площа водозборів;

n_1 – степеневий показник редукції максимального стоку річок.

Для річок лісостепової і степової зон Європейської зони СРСР К.П. Воскресеньський [13] структуру (4.1) для весняного водопілля представив у редакції

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{0.26}} \delta_1 \delta_2, \tag{4.2}$$

де k_0 - коефіцієнт дружності весняного водопілля ;

Y_m - шар стоку весняного водопілля;

$\delta_1 \delta_2$ - коефіцієнти редукції, обумовлені наявністю озер, болот і залісеністю водозборів.

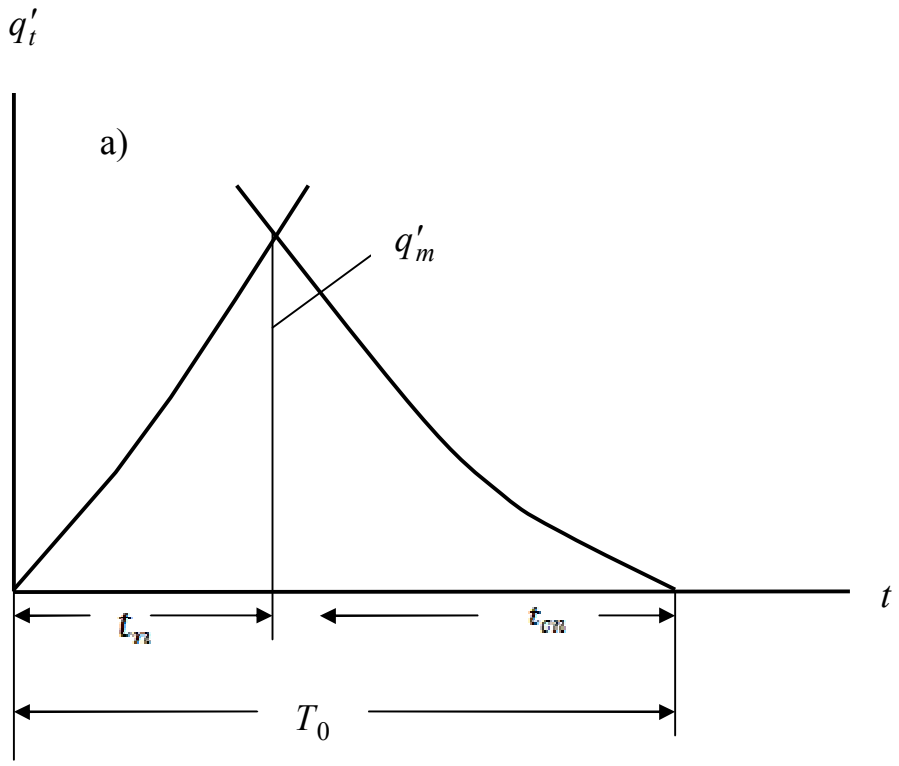
Значення n_1=0.26 і k_0, які представлені таблицею, залежно від категорії рельєфу. Шари стоку визначаються на підставі карти середнього стоку водопілля [14].

Для гірських річок [3]

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{0.15}}. \qquad (4.3)$$

4.1 Обґрунтування структури розрахункової формули максимального стоку для визначення характеристик весняного водопілля річок.

Гідрографи дощових паводків і весняних водопіль рідкісної ймовірності перевищення мають зазвичай трикутну форму. Це значно спрощує їх формалізацію. На рис.4.1 надається схематизація розрахункової бази для нормування характеристик максимального стоку в басейні р. Десна.



На рис. 4.1 (а) – гідрограф схилового припливу, причому: q'_m – максимальний модуль стоку ; t_p - тривалість руслового добігання паводкових (повеневих хвиль) ; T_0 - тривалість схилового припливу.

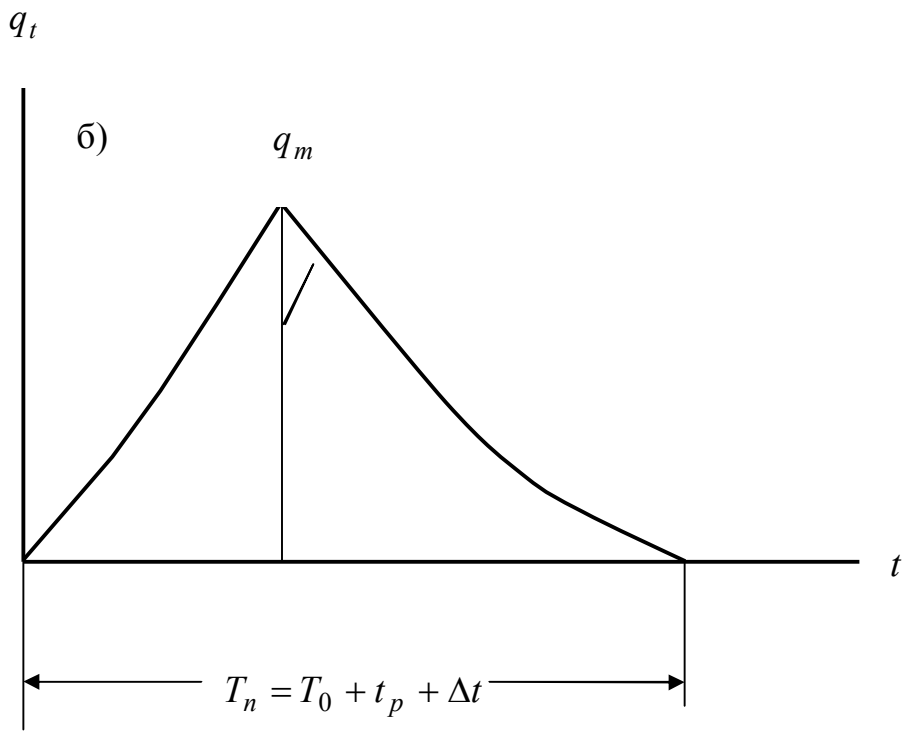


Рис. 4.1. Принципова схема формування руслового стоку

На рис. 4.1 (б) – гідрограф руслового стоку; q_m – максимальний модуль руслового стоку; Δt – тривалість спрацювання запасів води у русло – заплавних ємкостях; T_n - тривалість паводків (водопіль).

Якщо гідрографи стоку, наведені на рис. 4.1 (а і б), представити у розгорнутому вигляді, то їх можна описати рівняннями:

- схиловий стік

$$q'_t = q'_m \left[1 - \frac{(t)^n}{T_0} \right]; \qquad (4.4)$$

- русловий стік

$$q_t = q_m \left[1 - \frac{(t)^m}{T_n} \right] \qquad (4.5)$$

У подальшому проінтегруємо (4.4) і (4.5), відповідно по T_0 (схиловий параметр) і T_n (русловий параметр тривалості):

$$Y'_m = \int_0^{T_0} q'_t dt = q'_m \frac{n}{n+1} T_0 \qquad (4.6)$$

і

$$Y_m = \int_0^{T_n} q_t dt = q_m \frac{m}{m+1} T_n \qquad (4.7)$$

Припускаючи , що у русловій мережі при походженні паводків і водопіль рідкісної ймовірності перевищення, додаткові витрати стоку незначні , порівняно з Y'_m і Y_m тоді (4.6) і (4.7) об'єднаємо наступним чином

$$\frac{n}{n+1} q'_m T_0 = \frac{m}{m+1} q_m T_n, \qquad (4.8)$$

Звідки

$$q_m = \frac{m+1}{m} / \frac{n+1}{n} q'_m \frac{T_0}{T_n}, \qquad (4.9)$$

де $\frac{m+1}{m}$ – коефіцієнт часової нерівномірності руслового стоку;

$\frac{n+1}{n}$ - коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу;

$\frac{m+1}{m} / \frac{n+1}{n} = k_m$ – коефіцієнт русло – заплавного зарегулювання;

$\frac{T_0}{T_n} = \frac{T_0}{T_0 + t_p + \Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{t_p + \Delta t}{T_0}} = k_n$ – коефіцієнт трансформації гідрографів паводків (водопіль).

Таким чином, з урахуванням (4.8) і (4.9)

$$q_m = q'_m k_m k_n. \qquad (4.10)$$

Ступінь регулювання паводків і водопіль , як відомо, залежить від розміру водозборів , тобто $k_m k_n$ = f (F).

Модуль схилового припливу q'_m , як видно з (4.6), дорівнює

$$q'_m = \frac{n+1}{n}\frac{1}{T_0}Y'_m = k_0 Y'_m . \qquad (4.11)$$

Підставимо q'_m (в редакції (4.11)) в (4.10), тоді

$$q_m = k_0 Y_m k_m k_n , \qquad (4.12)$$

де $k_0 = \frac{n+1}{n}\frac{1}{T_0}$ - коефіцієнт схилової трансформації паводків (водопіль).

Порівнюючи структуру (4.12) з відомою редакцією редукційної формули (4.1), очевидно, що

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}} , \qquad (4.13)$$

або приймаючи до уваги (4.2) і (4.3),

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{n1}} . \qquad (4.14)$$

Для створення нормативної бази стосовно розрахунку характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Десна, у магістерській роботі рекомендуються формули (4.13) і (4.14).

4.2 Визначення параметрів редукційної формули (4.13).

У структурі (4.13) максимальний модуль весняного водопілля дорівнює

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n1}}. \qquad (4.15)$$

Для встановлення параметрів q'_m і n_1 вираз (4.15) прологарифмуємо, тоді

$$\lg q_{1\%} = \lg q'_m - n_1 \lg(F+1). \qquad (4.16)$$

Залежність (4.16) представлено на рис. 4.3. Побудована вона по вихідних даних, які надаються у табл.4.1

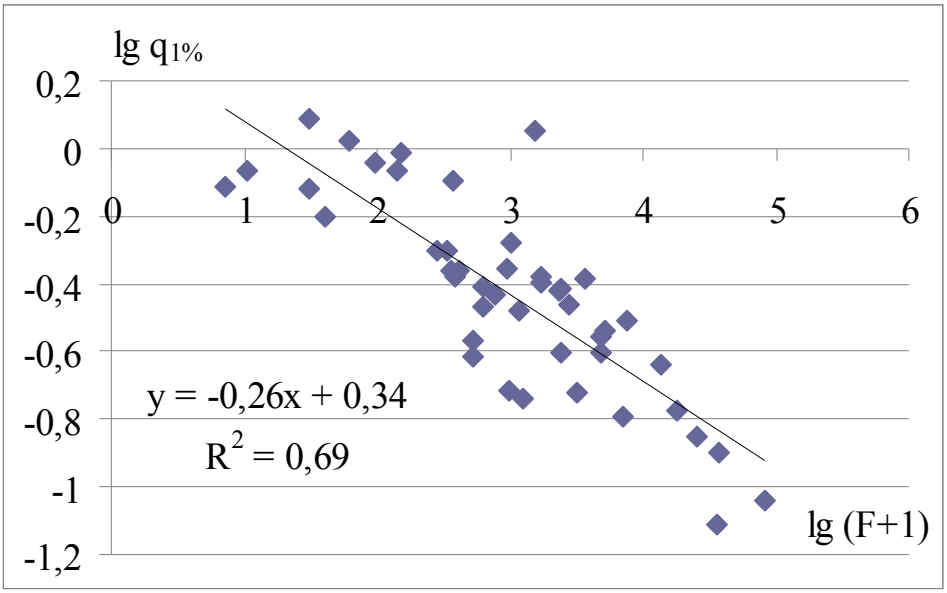


Рис. 4.3 Залежність модулів максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Десна від розміру водозборів

Таблиця 4.1 Вихідні данні для побудування залежності *lg q₁% = f (lg(F+1))*

№	Ріка-пост	F, км^2	$q_{1\%}$, м^3/(скм²)	lg $q_{1\%}$	lg (F+1)
1	Десна-с. Олександрівка	1710	0,42	-0,38	3,23
2	Десна-с. Голубєя	4770	0,28	-0,56	3,68
3	Десна - м. Брянськ	13700	0,23	-0,64	4,14
4	Десна - с. Розльоти	36300	0,08	-1,11	4,56
5	Ветьма - с. Круча	141	0,86	-0,07	2,15
6	Болва - с. Псур	3210	0,19	-0,72	3,51
7	Снєжесть - м. Карачев	282	0,50	-0,30	2,45
8	Навля - смт. Навля	1560	1,12	0,05	3,19

Продовження табл. 4.1

9	Сєв - с. Новоямське	1150	0,33	-0,48	3,06
10	Соля-с. Мальцево	39,4	0,63	-0,20	1,61
11	Судость - смт. Погар	5180	0,29	-0,54	3,71
12	Коста - с. Глазово	150	0,97	-0,01	2,18
13	Рожок-с. Красне	60	1,05	0,02	1,79
14	Івотка - с.Івот	1260	0,18	-0,74	3,10
15	Головесня - с.	29,5	1,22	0,09	1,48
16	Неруса - с. Радогощ	1020	0,52	-0,28	3,01
17	Десна -с. Вишеньки	37600	0,13	-0,90	4,58
18	Десна-м. Чернігів	81400	0,09	-1,04	4,91
19	Болва-м. Кіров	2010	0,76	-0,12	3,30
20	Убідь-с.Кудрівка	970	0,19	-0,72	2,99
21	Сейм-с.Гущине	375	0,80	-0,10	2,58
22	Сейм-с.Зуєвка	2320	0,38	-0,42	3,37
23	Сейм-с.Леб'яже	4870	0,25	-0,60	3,69
24	Сейм-с.Ришково	7460	0,31	-0,51	3,87
25	Сейм-м.Рильськ	18100	0,17	-0,78	4,26
26	Сейм-с.Мутин	25600	0,14	-0,85	4,41
27	Полная-с.Губанівка	333	0,50	-0,30	2,52
28	Рать-с.Беседіно	630	0,39	-0,41	2,80
29	Тускар-с.Свобода	1690	0,40	-0,40	3,23
30	Тускар-м.Курськ	2380	0,39	-0,41	3,38
31	Снова-с.Щурово	781	0,37	-0,43	2,89
32	лог Мересьє-х.Олексіївський	9,50	0,86	-0,07	1,02
33	лог Райчик-с.Польова Лукашівка	6,20	0,77	-0,11	0,86
34	Реут-с.Любицька	960	0,44	-0,36	2,98
35	Прут-с.Ширково	530	0,24	-0,62	2,73
36	Свапа-с.Локтіоново	419	0,43	-0,36	2,62
37	Свапа-с.Михайлівка	2800	0,35	-0,46	3,45
38	Свапа-с.Старий Город	3690	0,41	-0,38	3,57
39	Усожа-м.Фатєж	364	0,43	-0,36	2,56
40	Чернь-с.Плоске	96,3	0,91	-0,04	1,99
41	Клевень-с.Шарпівка	2440	0,25	-0,60	3,39
42	Есмань-с.Ротівка	628	0,34	-0,47	2,80
43	Снов-с.Щорс (Носівка)	7140	0,16	-0,79	3,85
44	Рєвна-с.Залізний міст	380	0,42	-0,38	2,58
45	Білоус-с.Кошівка	526	0,27	-0,57	2,72

Описується залежність (4.16) рівнянням

$$q_{1\%} = \frac{2.19}{(F+1)^{0.26}}; r = 0.83 \qquad (4.17)$$

4.3 Перевірочні розрахунки максимальних модулів стоку весняного водопілля в басейні р. Десна за формулою (4.17)

Результати перевірочних розрахунків за формулою (4.17) наводяться у таблиці 4.2.

Відхилення розрахункових величин ($q_{1\%}$) вихідних даних змінюються від 0,113 (р. Десна – м. Чернігів)до 0,90 (р. Івот – с. Івотка, р. Болва – м. Кіров), а в середньому похибка дорівнює 11,9 %, що відповідає точності і вимогам нормативного документу ($\sigma_{Q1\%}$ <20%).

Таблиця 4.2. Перевірочні розрахунки $q_{1\%}$ за формулою (4.17)

№	Річка-пост	F,км^2	q'$_{1\%}$, м^3/(скм^2	q$_{1\%}$, м^3/(скм^2	(q$_{1\%}$), м^3/(скм^2)	Δq$_{1\%}$	(F+1)^^{0,26}, км^2
1	Десна-с. Олександрівка	1710	2,69	0,42	0,316	-24,3	6,93
2	Десна-с. Голубєя	4770	2,31	0,28	0,242	-13,0	9,05
3	Десна - м. Брянськ	13700	2,48	0,23	0,184	-19,7	11,90
4	Десна - с. Розльоти	36300	1,07	0,08	0,143	84,3	15,33
5	Ветьма - с. Круча	141	2,97	0,86	0,604	-29,8	3,63
6	Болва - с. Псур	3210	1,42	0,19	0,268	41,9	8,16
7	Снєжесть - м. Карачев	282	7,06	1,12	0,324	-71,2	6,77
8	Навля - смт. Навля	1560	1,93	0,33	0,350	5,5	6,25
9	Сєв - с. Новоямське	1150	1,59	0,63	0,837	33,0	2,62
10	Соля-с. Мальцево	39,4	2,45	0,29	0,237	-17,9	9,24

Продовження табл. 4.2

11	Судость - смт. Погар	5180	3,39	0,97	0,594	-38,5	3,69
12	Коста - с. Глазово	150	2,93	1,05	0,752	-28,4	2,91
13	Рожок-с. Красне	60	1,09	0,18	0,342	87,5	6,40
14	Івотка - с.Івот	1260	2,87	1,22	0,901	-26,2	2,43
15	Головесня - с. Покошичі	29,5	2,96	0,52	0,361	-31,1	6,06
16	Неруса - с. Радогощ	1020	1,76	0,13	0,142	12,1	15,47
17	Десна -с. Вишеньки	37600	1,55	0,09	0,116	26,3	18,91
18	Десна-м. Чернігів	81400	0,46	0,03	0,113	320,3	19,33
19	Болва-м.Кіров	2010	1,79	0,76	0,901	18,5	2,43
20	Убідь-с.Кудрівка	970	1,07	0,19	0,366	91,0	5,98
21	Сейм-с.Гущине	375	3,52	0,80	0,469	-41,4	4,67
22	Сейм-с.Зуєвка	2320	2,63	0,38	0,292	-22,8	7,50
23	Сейм-с.Леб'яже	4870	2,09	0,25	0,241	-4,0	9,09
24	Сейм-с.Ришково	7460	2,89	0,31	0,216	-30,7	10,16
25	Сейм-м.Рильськ	18100	1,94	0,17	0,171	2,3	12,79
26	Сейм-с.Мутин	25600	1,79	0,14	0,156	10,7	14,00
27	Полная-с.Губанівка	333	2,14	0,50	0,483	-3,6	4,53
28	Рать-с.Беседіно	630	1,96	0,39	0,410	4,9	5,35
29	Тускар-с.Свобода	1690	2,56	0,40	0,317	-20,5	6,91
30	Тускар-м.Курськ	2380	2,69	0,39	0,290	-24,8	7,55
31	Снова-с.Щурово	781	1,95	0,37	0,387	5,1	5,65
32	лог Мересьє-х.Олексіївський	9,50	1,55	0,86	1,188	38,2	1,84
33	лог Райчик-с.Польова	6,20	1,26	0,77	1,311	70,2	1,67
34	Реут-с.Любицька	960	2,45	0,44	0,367	-16,7	5,96
35	Прут-с.Ширково	530	1,16	0,24	0,428	77,4	5,11
36	Свапа-с.Локтіоново	419	1,97	0,43	0,455	4,8	4,81
37	Свапа-с.Михайлівка	2800	2,51	0,35	0,278	-19,4	7,88
38	Свапа-с.Старий Город	3690	3,23	0,41	0,259	-37,6	8,46
39	Усожа-м.Фатєж	364	1,90	0,43	0,472	8,8	4,64
40	Чернь-с.Плоске	96,3	2,86	0,91	0,666	-26,8	3,29
41	Клевень-с.Шарпівка	2440	1,76	0,25	0,288	15,3	7,60

Продовження табл. 4.2

42	Есмань-с.Ротівка	628	1,70	0,34	0,410	20,9	5,34
43	Снов-с.Щорс (Носівка)	7140	1,48	0,16	0,218	35,1	10,05
44	Рєвна-с.Залізний Міст	380	1,84	0,42	0,467	12,3	4,69
45	Білоус-с.Кошівка	526	1,29	0,27	0,429	59,1	5,10
						11,9%	

Для практичного застосування в магістерській роботі, таким чином, розрахунковою рекомендується формула (4.17).

Її точність відповідає вимогам СНіП 2.01.14-83 ($\sigma_{Q1\%}$ < 20% при вихідних даних, які мають точність $\sigma_{Q1\%}$).

ВИСНОВОК

Магістерська робота присвячена розробці методики для розрахунку максимальних модулів стоку в басейні річки Десна забезпеченістю Р=1%.

1. За базову прийнята формула редукційного виду (4.17)

2. Для обґрунтування параметрів розрахункової формули використовувалися дані по 45 водозборах з площею від 6,20 км^2 (лог Райчик – с. Польова Лукашівка) до 81400 км^2 (р. Десна - с. Чернігів).

3.Статистична обробка виконувалася за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності. Коефіцієнт варіації обчислюється за двома методами і практично співпадають. У подальшому був використаний коефіцієнт варіації, розрахований за методом найбільшої правдоподібності, а співвідношення Cv/Cs усереднено і прийнято на рівні 2,5.

4. Витрати води розрахункової забезпеченості Р=1% були встановлені з використанням біноміальної кривої Пірсона III і трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля. Середньоквадратична похибка витрати води забезпеченості Р=1% становить 20,0%, що відповідає вимогам СНіП 2.01.14-83.

5. Перевірочні розрахунки за отриманою формулою (4.17) показали, що $|\Delta q_{1\%}|$=±11,9%, що при точності вихідної інформації ±20% є задовільним результатом, та в цілому відповідає точності вихідної інформації і вимогам діючого нормативного документу СНіП 2.01.14-83.

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Максимальний стік дощових паводків на річках Півдня України. Монографія. Одеса ТЕС, 2016, 211 с.
2. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки. Підручник, Одеса, ТЕС, 2014, 483 с.
3. Ресурсы поверхносных вод СРСР, т.6. Украина и Молдавия, вып. 2. Среднее и Нижнее Подьнепровье. Л., Гидрометиоиздат, 1971, 653 с.
4. Лобода Н.С., Гопченко Є.Д. Стохастичні моделі у гідрологічних розрахунках. Навчальний посібник. Одеса. Екологія, 2006, 200 с.
5. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Л., Гидрометеоиздат, 1974, 424 с.
6. Гопченко Є.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации. Л., Гидрометеоиздат, 1988, 303 с.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л., Гидрометеоиздат, 1984, 447 с.
8. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С.Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушеных хозяйственной деятельностью). Київ, КНТ, 2005, 188 с.
9. Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах. Навчальний посібник. Одеса. Екологія, 2016, 184 с.
10. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ, Віпол, 2000, 375 с.
11. Соколовский Д.Л., Речной сток, Л., Гидрометиоиздат, 1968, 439 с.
12. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л., Гидрометиоиздат, 1979, 430 с.
13. Воскресенский К.П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малих реках, ручьях и временних водотоках. Л., Гидрометиоиздат, 1956, 545 с.
14. Руководство по определению расчетных гидрометеорологических характеристик. Л., Гидрометеоиздат, 1973, 111 с.
15. Огиевский А.В. Гидрология суши (общая и инженерная). М., Сельхозиздат, 1952, 516 с.

16. Науково технічний журнал. Метеорологія та гідрологія. (www.mig-jornal.ru)
17. Український гідрометеорологічний центр. Інформаційний серевер погоди. (www.meteo.gov.ua)
18. Гидрология. Все для студента. (www.twirpx.com)