

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 магістр 2-го року навчання  
групи МГ- 61  
освітньої програми 103 «Науки про  
Землю»  
Бабюк Ірина Іванівна

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

Консультант \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

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)  
Освітня програма Гідрологія  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри гідрології суші  
д.геогр.н., проф. Шакірманова Ж.Р.  
“ ” 2018 року

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

Бабюк Ірині Іванівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Максимальний стік весняного водопілля в басейні р. Десна  
керівник роботи Гопченко Євген Дмитрович, к.геогр.н., проф.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 02.11.2017 року №321 «С»

2. Строк подання студентом роботи 01.06.2018 р.  
3. Вихідні дані до роботи Матеріали спостережень в системі  
Гідрометслужби України

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Виконати збір матеріалів спостережень за гідрологічним режимом в  
басейні р.Десна.

2. Виконати статистичний аналіз часових рядів максимальних витрат води і  
шарів стоку за весняне водопілля.

3. Здійснити узагальнення максимальних витрат весняного водопілля в  
басейні р. Десна

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

1. Карта розташування пунктів спостережень за гідрологічним режимом  
річок.

2. Навести залежності шарів стоку за період весняного водопілля в басейні  
р.Десна.

3. Визначити залежність максимальних модулів весняного водопілля від  
розміру водозборів

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26.03.2018 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Оформлення змісту, анотації та вступу	26.03-01.04.2018 р.		
2	Фізико-географічна характеристика басейну досліджуваної території	02.04-17.04.2018 р.		
3	Огляд методик розрахунку максимального стоку річок	18.04-30.04.2018 р.		
	Рубіжна атестація	30.04-06.04.2018 р.		
4	Здійснення статистичної обробки часових рядів максимального стоку рячок басейну р. Десна	01.05-17.05.2018 р.		
5	Обґрунтування розрахункової методики максимального стоку весняного водопілля в басейні р Десна	18.05-27.05.2018 р.		
6	Узагальнення роботи (оформлення висновків)	28.05-29.05.2018 р.		
7	Перевірка на плагіат	30.05-31.05.2018 р.		
8	Оформлення роботи, підготовка презентації, доповіді	01.06-08.06.2018 р.		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>			

Магістр

Бабюк І.І.  
(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: Бабюк І.І.

**Актуальність теми.** Тема магістерської роботи пов'язана з необхідністю удосконалення розрахункової методики максимального стоку води весняного водопілля в басейні р. Десна, оскільки діючий в Україні СНіП 2.01.14-83 узагальнює матеріали гідрологічних спостережень станом ще до 1975 року.

**Мета і задачі досліджень** відносять до розробки 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** – визначення статистичних характеристик максимального стоку весняного водопілля (максимальні витрати води і шари стоку), їх просторове узагальнення, визначення розрахункових параметрів максимального стоку річок в басейні р. Десна та інш.

**Результати, їх новизна, теоретичне та практичне значення.** За геометричною моделлю формування водопілля, удосконалена розрахункова база, формула максимального стоку річок. Отримані результати використані в робочій моделі характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Десна.

**Отримані теоретичні і практичні результати** слід вважати оригінальними і рекомендувати для застосування при проектуванні об'єктів, у межах досліджуваної території.

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

**Ключові слова:** максимальний стік, дощові паводки, весняне водопілля, редуційні формули, базові моделі гідрографів.

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

**Author: Iryna Babiuk**

*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 Обґрунтування методики для нормування розрахункових характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Десна.....

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

4.2 Визначення параметрів редуційною формули .....

4.3 Перевірочні розрахунки максимальних модулів стоку весняного водопілля в басейні р. Десна.....

Висновки. ....

Список використаних джерел

.....

## 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 довгими 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 убуючого вигляду. Завдяки такій



моделі у магістерській роботі обґрунтована розрахункова структура редуційного 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. км<sup>2</sup> [1].

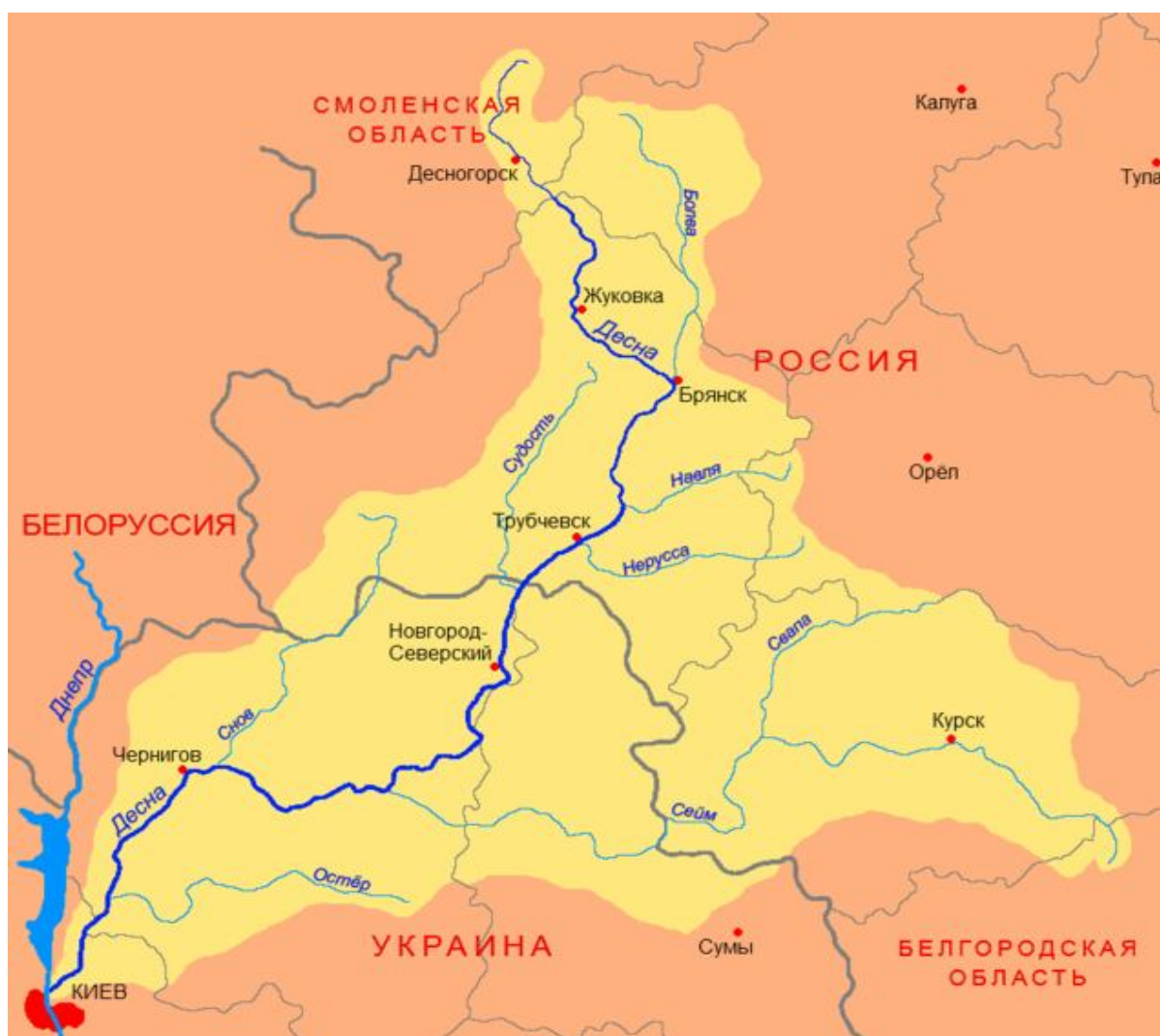


Рисунок 1.1 - Карта географічного положення басейну річки Десна

Заплава заболочена, багато проток, стариць і озер. Русло звивисте, шириною до 450 м. Глибина річки 2-4 м, найбільша - 17 м. Ухил становить 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 [2].

Територія Брянської області знаходиться на Російській плиті - стародавньому кристалічному утворенні, укритуому могутнім чохлам осадових порід. Осадкові 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 змінювалися 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 змінювалися 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 крейдових відкладень. Ці породи при розмивах утворюють опуклі «крейдові лоби».

Лівобережжя Десни - полого-хвиляста низовина, утворена річковими терасами. Тераси добре простежуються протягом майже всієї річки [1,2].

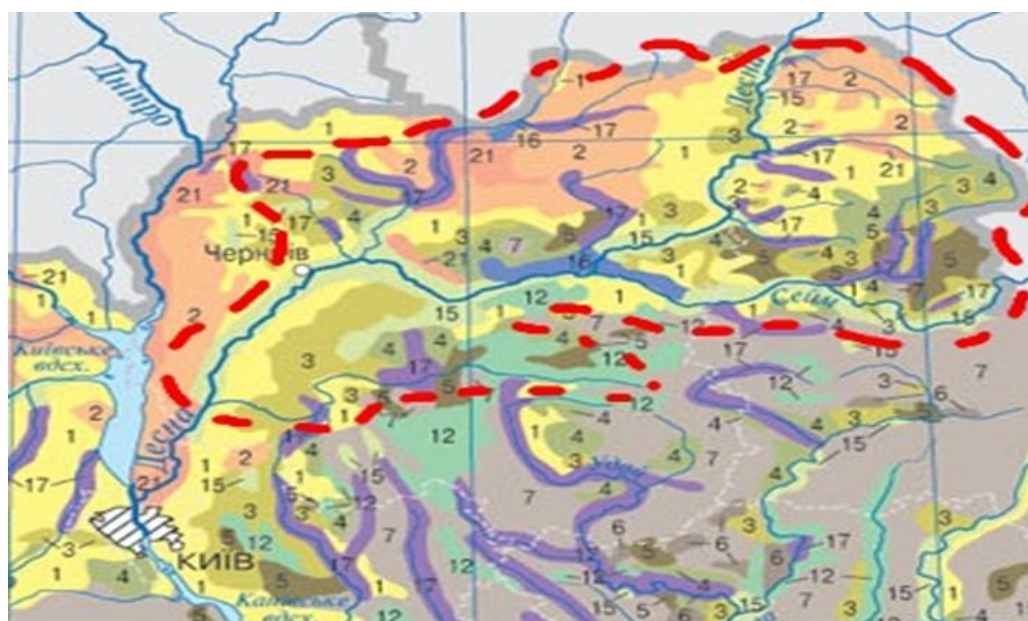
## **1.2 Ґрунтовий покрив**

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%.

Різнманітність 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 ґрунтового живлення. Супіщанні 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.



**ТИПИ ҐРУНТІВ**

1	Дерново-підзолисті	6	Чорноземи реградовані
2	Дерново-підзолисті оглеєні	7	Чорноземи типові
	Сірі лісові	8	Чорноземи звичайні
3	Ясно-сірі та сірі опідзолені	9	Чорноземи південні
4	Темно-сірі опідзолені	10	Чорноземи на важких глинах (переважно солонцюваті)
	Чорноземи	11	Чорноземи і дернові карбонатні та щебенюваті
5	Чорноземи опідзолені		

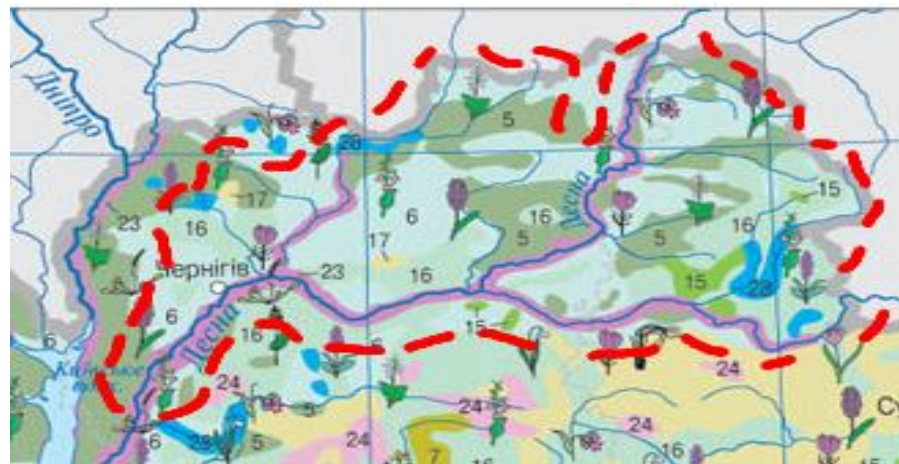
Рисунок 1.2 – Карта-схема ґрунтів досліджуваної території [3]

Досить 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 [4,5,6].

### 1.3 Рослинний покрив

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



#### СОСНОВІ ТА ШИРОКОЛИСТЯНО-СОСНОВІ

- |   |  |
|---|--|
| 4 | Поліські соснові   |
| 5 | Поліські дубово-соснові, іноді грабово-дубово-соснові                                    |
| 6 | Сільськогосподарські угіддя на місці дубово-соснових лісів, місцями в поєднанні з луками |
| 7 | Лісостепові, степові соснові та дубово-соснові   |
| 8 | Кримські гірські соснові та ялівець  |

#### ШИРОКОЛИСТЯНИ

- |    |  |
|----|--|
| 9  | Чорновільхові                                      |
| 10 | Букові   |
| 11 | Сільськогосподарські угіддя на місці букових лісів |
| 12 | Дубові   |
| 13 | Дубові та грабово-дубові                           |

#### БОЛОТА

- |    |   |
|----|---|
| 27 | Соснові сфагнові                                    |
| 28 | Низинні осокові, трав'яні                           |
| 29 | Сільськогосподарські угіддя на місці осушених боліт |

Рис. 1.4 – Карта-схема рослинності досліджуваної території [3].

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 виток, відноситься до Глухівсько-Курського округу Середньоруської підпровінції з притаманними дубовими лісами, справжніми і степовими луками [2,7].

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, зменшенні площ суцільних лісів. Нині значні території на місці колишніх широколистяних 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: сосною, дубовою, дубово-сосною, грабово-дубовою, вільховою, грабовою, липово-дубово-сосною, грабово-дубово-сосною, 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, сосною, дубово-сосною, грабовою та вільховою. На відміну від лісів широколистяної зони, серед них переважають сухі та свіжі гігروتони, 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 [2,7].

*Луки* 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 луків 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 [2,4].

#### **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 чередується, створює нестійку погоду, викликає грозові дощі влітку, короткочасна відлига взимку [2,8].

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

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 метеорологічних показників, клімат на даній території помірно континентальний – з теплим літом і помірно холодною зимою.

Для кліматичної характеристики розглядуваної території прийняті метеорологічні дані по метеостанціях 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 °С, мінімальна вона у січні (-7,3 - 8,1 °С), максимальна у липні (17,1-17,7 °С) (табл.1.1).

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

Абсолютний мінімум температури спостерігається у січні – березні і має значення від -36,6 до 39,8 °С (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 межени 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 настає 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 [9]. 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 [9]. Перші нічні заморозки на ґрунті іноді спостерігаються 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 передують 2-3 «приморозки» з тимчасовим утворенням сніжного

покриву. Середня тривалість зими 148 днів. На даній території зима відносно м'яка (січень  $-7^{\circ}\text{C}$ ,  $-9^{\circ}\text{C}$ ) [9,10].

*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 [2,8,10]. 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 [9]. 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  $310 \text{ кг/м}^3$ . 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 ґрунту. 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 покриву.

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 (флюгером, анемометром) переважно сягає 6,9-7,8 м/с у лютому, мінімальна 1,1- 1,6 у червні (табл.1.7).

Клімат Чернігівського Полісся можна схарактеризувати як помірно континентальний, зі значним зволоженням протягом року, великою відносною вологістю та слабкими вітрами. Порівняно із західними областями Чернігівське Полісся вирізняється більшою амплітудою річних температур, нижчими зимовими температурами, більшою тривалістю періоду зі сніговим покривом. Середня річна сума опадів — 500-610 мм опадів обумовлюють різноманітність типів погоди на території. Кліматичні умови Новгород-Сіверського Полісся відрізняються від інших поліських областей найбільшою континентальністю рівнинних лісових просторів країни [11,12].

Таблиця 1.1 – Середньомісячна та річна температури повітря, °С [8]

ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ													
СЕРЕДНЯ МІСЯЧНА І РІЧНА ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ (°С)													
Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
<i>1. Семенівка</i>													
<i>Середня</i>	-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
<i>Найбільш низька</i>	-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
<i>Найбільш висока</i>	-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
<i>2. Щорс</i>													
<i>Середня</i>	-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
<i>Найбільш низька</i>	-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
<i>Найбільш висока</i>	-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
<i>3. Глухів</i>													
<i>Середня</i>	-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
<i>Найбільш низька</i>	-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
<i>Найбільш висока</i>	-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 [8]

МАКСИМУМ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ (°С)													
Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
<i>1. Семенівка</i>													
<i>Середній</i>	-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
<i>Абсолютний</i>	7.3	13.7	19.8	28.3	32.0	33.8	<b>37.8</b>	37.5	30.9	25.6	16.6	10.3	37.8
<i>Рік</i>	1975	1990	1990	1950	1979	1954	1936	1946	1944	1966	1967	1961	1936
<i>2. Щорс</i>													
<i>Середній</i>	-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
<i>Абсолютний</i>	7.7	14.3	20.7	29.0	32.4	34.7	37.4	<b>38.0</b>	32.0	25.7	20.8	11.0	38.0
<i>Рік</i>	1975	1990	1990	1950	1979	1954	1936	1946	1944	1929	1926	1964	1946
<i>3. Глухів</i>													
<i>Середній</i>	-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
<i>Абсолютний</i>	5.9	12.3	20.4	28.2	31.9	33.6	36.9	<b>37.0</b>	31.7	25.7	16.4	10.2	37.0
<i>Рік</i>	1975	1990	1983	1975	1979	1938,	1936	1946	1944	1915	1967	1982	1946

Таблиця 1.3 – Мінімальна температура повітря, °С [8]

МІНІМУМ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ (°С)													
Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
<i>1. Семенівка</i>													
<i>Середній</i>	-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
<i>Абсолютний</i>	-35.7	-34.5	<b>-36.6</b>	-19.9	-2.7	0.4	4.3	0.2	-4.6	-13.2	-23.8	-33.5	-36.6
<i>Рік</i>	1987	1956	1964	1931	1944,	1930	1976	1966	1986	1940	1989	1930	1964
<i>2. Щорс</i>													
<i>Середній</i>	-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
<i>Абсолютний</i>	-34.9	-35.2	<b>-37.0</b>	-18.9	-2.6	1.2	4.2	-1.1	-3.4	-9.6	-20.7	-32.6	-37.0
<i>Рік</i>	1940	1970	1964	1931	1939,	1982	1976	1966	1986	1956	1989	1930	1964
<i>3. Глухів</i>													
<i>Середній</i>	-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
<i>Абсолютний</i>	<b>-39.8</b>	-36.1	-36.7	-18.8	-3.9	0.7	3.6	-1.6	-4.6	-11.5	-23.0	-33.9	-
<i>Рік</i>	1987	1985	1964	1931	1946	1933	1968	1966	1958	1898	1989	1895	1987

Таблиця 1.4 – Середня місячна та річна кількість опадів, мм [8]

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
<i>1. Семенівка</i>															
<i>Середня</i>	38	30	37	41	50	83	93	71	55	40	52	48	205	433	638
<i>Найменша</i>	4	3	4	1	1	6	19	9	1	<b>0</b>	6	3	86	274	410
<i>Найбільша</i>	75	76	76	96	136	207	175	222	147	122	160	88	294	588	921
<i>2. Щорс</i>															
<i>Середня</i>	42	38	38	42	49	79	92	67	47	37	48	51	217	413	630
<i>Найменша</i>	7	3	<b>2</b>	7	7	12	10	7	3	3	3	5	103	221	347
<i>Найбільша</i>	82	81	92	121	167	206	216	202	155	131	119	105	342	595	929
<i>3. Глухів</i>															
<i>Середня</i>	38	30	39	40	58	75	88	56	48	37	45	46	198	402	600
<i>Найменша</i>	2	2	3	5	<b>0</b>	8	22	2	4	<b>0</b>	4	2	73	210	349
<i>Найбільша</i>	147	95	93	150	142	171	191	139	161	149	116	131	383	601	818

Таблиця 1.5 – Запаси води у сніговому покриві на останній день декади, мм [8]

<i>ЗАПАС ВОДИ (мм) У СНІГОВОМУ ПОКРИВІ ЗА СНІГОМІРНОЮ ЗЙОМКОЮ НА ОСТАННІЙ ДЕНЬ ДЕКАДИ</i>																					
<i>XI</i>			<i>XII</i>			<i>I</i>			<i>II</i>			<i>III</i>			<i>Найбільший за зиму</i>						
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>серед- ній</i>	<i>середнє квадра- тичне</i>	<i>коєфі- цієнт варіації</i>	<i>міні- мальний</i>	<i>зима</i>	<i>макси- маль- ний</i>	<i>зима</i>
<i>1. Семенівка</i>																					
	•	•	11	19	19	29	35	38	36	43	44	39	35	•	<b>69</b>	37,3	0,54	11	1971- 72	157	1966- 67
<i>3. Щорс</i>																					
	•	•	•	14	16	24	31	33	31	38	39	36	•	•	<b>61</b>	41,1	0,68	12	1971- 72	<b>172</b>	1967- 68
<i>16. Глухів</i>																					
	•	•	•	21	23	29	35	39	42	45	47	47	<b>40</b>	•	71	42,0	0,59	10	1971- 72	147	1986- 87

Таблиця 1.6 – Середня місячна і річна відносна вологість повітря, % [8]

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

Таблиця 1.7 – Середня та річна швидкість вітру [8]

<i>Характеристика</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	<i>Рік</i>
<i>1. Семенівка (висота флюгера 12 м; М - 63 - 12 м)</i>													
<i>Середня</i>	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
<i>Найменша</i>	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
<i>Найбільша</i>	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
<i>2. Щорс (висота флюгера 12 м; М - 63 - 10 м)</i>													
<i>Середня</i>	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
<i>Найменша</i>	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
<i>Найбільша</i>	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
<i>3. Глухів (висота флюгера 12 м; М - 63 - 10 м)</i>													
<i>Середня</i>	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
<i>Найменша</i>	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
<i>Найбільша</i>	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 [13,14].

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 [15].

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-третьій 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 [2,14,15].

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

Початок водопілля на річці відноситься до першої декади березня, закінчується повинь 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 впливає, 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, обумовлені 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 розглянутої 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 невеликий (близько 60-70 см) [2,13,15].

## **1.6 Гідрометеорологічна вивченість басейну р. Десна**

У басейні р. Десна гідрологічні спостереження ведуться на 45 гідрологічних постах (рис.1.4). Основні гідрологічні характеристики басейну р. Десна наведені у дод. А1. По території вони розподілені нерівномірно. З них на головній річці розташовано 4 поста і по 1 посту на річках Ветьма, Болва, Снежень, Навля, Сев, Судость, Коста, Рожок, Ивотка, Головесня. Розподіл постів за довжиною спостережень і за площею

водозборів наведений у табл.1.8. Найбільш тривалий період спостережень відмічений на р. Десна – м.Чернігів (127 років) та р. Головесня – с. Покошичи (76 років), найбільш короткий (15 років) відмічений на р. Нерусса – с. Радогощ.

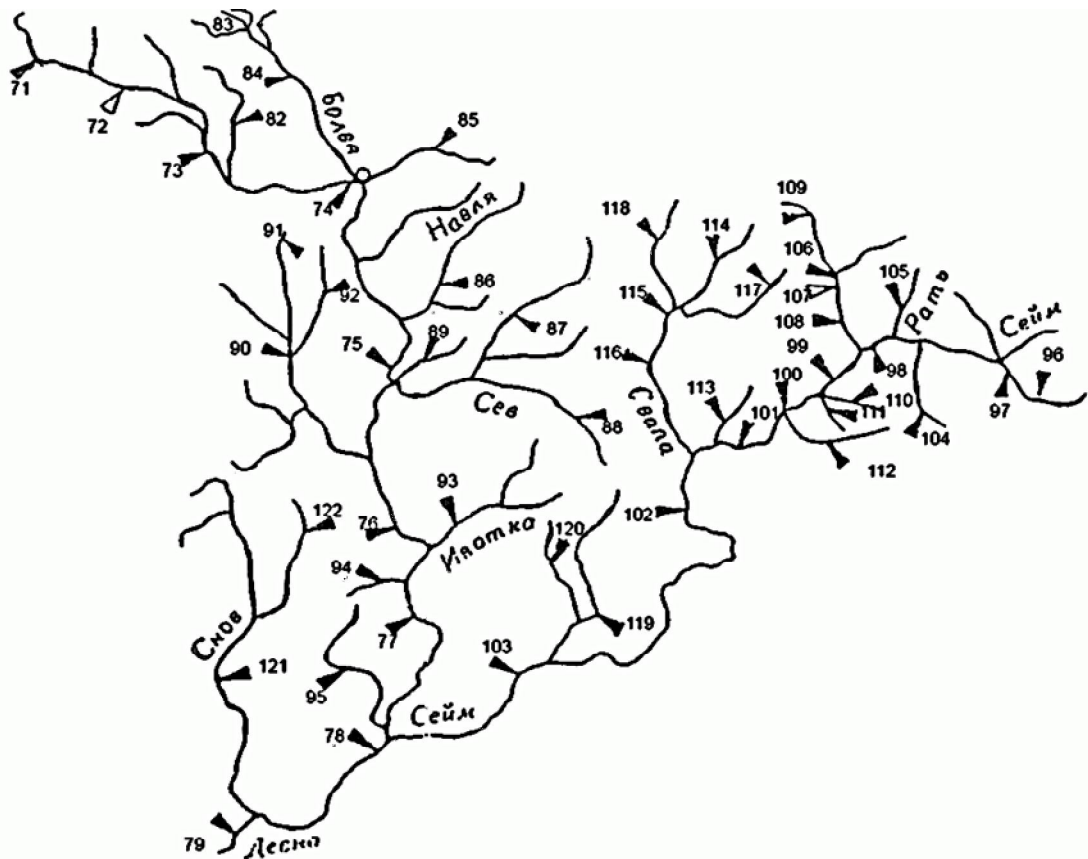


Рисунок 1.4 – Карта-схема розташування гідрологічних постів

Таблиця 1.8 – Розподіл постів за тривалістю спостережень

Кількість років спостережень					Кількість пунктів спостережень	
<10	11-15	16-20	21-50	>50	45	Всього
1	3	6	23	13	100	Відсотки, %
4,4	8,86	10,9	53,1	23,9		

З табл. 1.9 видно, що з 46 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<sup>2</sup>. Діапазон площ водозборів коливається від 6,20 км<sup>2</sup> (лог Райчик – с. Польова Лукашівка) до 81400 км<sup>2</sup> (р. Десна-с. Чернігів). Розподіл постів по величині площ водозборів розглянуто в табл.1.9.

Таблиця 1.9 – Розподіл постів за величиною площі водозборів

Площа водозбору річки, км <sup>2</sup>								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 [16,17,18]:

1) редуційні формули, що відображають в явній формі редуцію (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.

Редуційні 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 степеневу 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.

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

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

Всі сучасні методи, формули і розрахункові схеми Гопченко Є.Д. [17,18] 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 води весняної повені найбільше поширення знайшли формули першої групи. Початковими є рівняння, які витікають 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 [19] 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 районах.

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:

$$q_{\max} = \frac{A}{F^n}, \quad (2.1)$$

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

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

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  $0,014 \text{ м}^3/\text{сек}$  з  $1 \text{ км}^2$  проти модуля максимального стоку  $0,070 \text{ м}^3/\text{сек}$ , що дійсно спостерігався в 1931 р., тобто в 5 разів вище. Це обумовлено структурою розрахункової формули Д.І. Кочеріна:

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

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 й 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 [16].

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 виляду:

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

де  $A_{\max,в} = q_{\max}$  при  $F \rightarrow 0$  (при  $k_p = 1,0$  і  $\delta = 1,0$ ) 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;  $\delta$  – узагальнений коефіцієнт, що враховує зарегульованість максимального стоку під впливом озер, боліт, лісу, карсту й інш акумуляторів стоку;  $K_p$  – коефіцієнт розмірності, рівний одиниці при вираженні  $A_{\max}$ , у в м<sup>3</sup>/сек і рівний 0,28 при вираженні  $A_{\max}$ , у в мм/год. [20].

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

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

де  $r$  – коефіцієнт, який враховує зарегульованість 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 води  $Q_{\max}$  та схилу  $f$  за формулою:

$$V = aI^{\frac{1}{3}}Q_{\max}^{\frac{1}{4}} \text{ м/с}, \quad (2.6)$$

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



Формула (2.5) є, на думку Алексеєва, 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:

$$q_{\max} = \frac{rP_{\max}}{\delta + \frac{P_{\max}L}{hv}}; \quad (2.7)$$

де

$$\delta = 1 + \alpha(f_l + f_b), \quad (2.8)$$

де  $f_l$  – лісистість басейну в частках від площі водозбору;  $f_b$  – заболоченість;  $\alpha$  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 за формулою [18]:

$$P_{\max} = \gamma h, \quad (2.9)$$

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

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

можна записати у вигляді:

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

### 2.1.2 Об'ємні формули

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

$$q_{\max} = \frac{m+1}{m} \frac{Y_{\max}}{T_n}, \quad (2.11)$$

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

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

$$q_{\max} = k_{\phi} \frac{Y_{\max}}{T_n}, \quad (2.12)$$

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

$$k_{\phi} = \frac{m+1}{m}. \quad (2.13)$$

У подальшому розвитку схема А.В.Огієвського отримала в роботах В.І.Мокляка [21]. В результаті багатолітніх досліджень він для річок України розробив формулу максимальних витрат від талих вод об'ємного типу, яка в остаточному варіанті має вигляд:

$$Q_{\max} = \frac{\delta W}{T_n} = \frac{0.0116 \delta Y_{\max} F}{m t_c + t_k + t_{np}}, \quad (2.14)$$

де  $Q_{\max}$  – максимальна витрата 3% – вої забезпеченості;  $\delta$  – 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  $T_n$ , яка дорівнює сумі:

$$T_n = T_c + t_p + t_{ck} + t_{np}, \quad (2.15)$$

$$T_c + t_{ck} + T_0, \quad (2.16)$$

Тому

$$T_n = T_0 + t_p + t_{np}, \quad (2.17)$$

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

а) при  $(t_p + t_{ck}) < 11$  діб:

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

б) при  $(t_p + t_{ck}) > 11$  діб:

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

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

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

В.І. Мокляк справедливо звернув увагу і на той факт, що в більшості формул врахування 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:

$$T_c(f_l, f_b) = m_c T_c, \quad (2.21)$$

де  $m_c$  - емпіричний коефіцієнт, який дорівнює:

$$m_c = 1 + \alpha_l \frac{f_l}{F} + \frac{f_b}{F} \quad (2.22)$$

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

Формула А.В.Огієвського – В.І.Мокляка рекомендується для практичного використання і зараз, нарівні з методикою СНП 2.01.14–83 ширшу популярність здобула формула, обґрунтована Д.Л.Соколовським [16]. Рівняння одномодального гідрографа повені він записав у вигляді:

а) для кривої підйому:

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

б) для кривої спаду:

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

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

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

$$q_{\max} = \frac{Y_{\max}}{t_n} f \quad (2.25)$$

та

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

де  $f$  – коефіцієнт форми руслового гідрографа:

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

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  $k_\phi$  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:

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

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

$$k_n = \frac{T_0+t_p}{T_n} \quad (2.29)$$

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

### 2.1.3 Формула СНіП 2.01.14-83

Розрахунок максимальних витрат весняної повені рекомендується розраховувати за формулою, схожій за структурою [22]:

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

де  $K_0$  – коефіцієнт дружності повені, визначається за даними річок-аналогів шляхом зворотних розрахунків;  $Y_p$  – розрахунковий шар сумарного весняного стоку щорічної імовірності перевищення  $P\%$  (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;  $\mu$  - 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 за формулою [23]:

$$\delta_1 = \alpha_1 / (1 + f_l)^{n^2}, \quad (2.31)$$

де  $\alpha$  – параметр, що приймається по таблиці;  $f_l$  – відносна залісеність, %

При заселеності менше 3% або озерності більше 20% Коефіцієнт  $\delta_1$  приймається рівним одиниці [22]:

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(1 + 0.1 f_o), \quad (2.32)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, що приймається за таблицею;  $f_o$  – відносна заболоченість водозбору, %

За наявності внутрішньоболотяних озер, розосереджених по басейну і розташованих поза головного русла і основних притоків, 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:

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

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  $f_{oz}(\%)$  обчислюється за формулою:

$$f_{oz} = \sum_{i+1}^n (100F_{oz}F_i / F) \quad (2.34)$$

За наявності в басейні озер, розташованого поза головним руслом і основними притоками, значення коефіцієнта  $\delta_3$  наступні [22]:

$F_{oz}(\%)$	менше 2	більше 2
$\delta_3$	1,0	0,8

## 2.2 Методи, засновані на гідромеханічних теоріях стоку

### 2.2.1 Генетичні 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 [24]:

$$V_D \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = n_x Q'_t, \quad (2.35)$$

де  $\omega$  – площа поперечного перерізу русла в площині ізохроні, 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:

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

де  $B_x$  – ширина басейну по ізохроні руслового добігання, (відстані, що є функцією, від виток);  $l$  – довжина схилу;  $\alpha$  – коефіцієнт густоти мережі гідрографії.

Враховуючи (2.36), (2.35) набуде вигляду:

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

Інтегрування (2.37) виконано за таких початкових і граничних умов: :  
 $t=0, \omega=0$  і  $x=0, \omega=0$ . 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 води формується частиною припливу зі схилу при площі живого перерізу:

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

де  $t_{kp}$  – час настання максимальної витрати води.

Максимальний модуль стоку при цьому є:

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

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

$$k_1 = \frac{\int_{t_{kp}-t_p}^{t_{kp}} Q'_t B_x dt}{B_{cp} \int_{t_{kp}-t_p}^{t_{kp}} Q'_t dt}, \quad (2.40)$$

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

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

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



Максимальний модуль стоку при цьому:

$$q_{\max} = \frac{Y_{\max}}{t_p} k_2, \quad (2.42)$$

де  $k_2$  – другий гідрографічний коефіцієнт:

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

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

$$q_{\max} = \frac{Y_{\max}}{t_p} \varphi k_{\Gamma}, \quad (2.44)$$

де  $k_{\Gamma}$  – гідрографічний коефіцієнт, який дорівнює  $k_1$  – при  $(t_p/T_0) < 1.0$  і  $k_2$ , якщо  $(t_p/T_0) \geq 1.0$ .

**Моделі Огієвського А.В. і Железняка Й.А.** Виходячи із загальних уявлень про процеси формування поверхневого стоку на основі методу ізохрон руслового добігання, Огієвський А.В. [23] в 1945г. запропонував формули вигляду:

а) при  $t_p > T_c$

$$Q_{\max} = \rho \frac{Y_{\max}}{T_c} F_D = \rho Y_{\max} b_D V_D, \quad (2.45)$$

де  $F_D$  – дієва площа водозбору,  $b_D$  – середня ширина басейну в рамках дієвої площі водозбору,  $\rho$  – коефіцієнт урахування нерівномірності розвитку басейну;

б) при  $1 \text{ діб} < t_p < T_c$

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

де  $k'$  – коефіцієнт обліку нерівномірності добової віддачі;

в)  $t_p < 1$  діб

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

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 Й.А. і його учнями. У своїй концепції Железняк Й.А. [23] спирається на один з варіант методу ізохрон і виводить формулу для визначення максимальної середньодобової витрати талих вод:

$$\tilde{Q}_{\max} = 0.0116 K_{M.G.M} Y_{\max} F, \quad (2.48)$$

де  $Y_{\max}$  – шар стоку за повінь, а  $K_{M.G.M}$  – метеоролого – гідраліко – морфометричний параметр, який дорівнює:

$$K_{M.G.M} = \frac{\varphi}{t_p} \varepsilon_F = \varphi' \varepsilon_F, \quad (2.49)$$

де  $\varphi'$  – трансформаційна функція.

$$\tilde{Q}_{\max} = 0.0116 \frac{Y_{\max} \varphi}{t_p} F \varepsilon_F, \quad (2.50)$$

Методи розрахунку максимального стоку, що застосовуються за кордоном.

Проблема формування та розрахунку паводків за кордоном вирішується на основі методів гідрологічної аналогії, граничної інтенсивності та граничних максимумів.

Найбільш поширені в США формули Джервиса і Майерса, в Італії – У. Раффа [25], причому остання багато спільного має з методикою СНІП 2.01.14-83

$$q_m = q_{100} \left( \frac{100}{F} \right)^{2/3}, \quad (2.51)$$

Близька до неї за структурою формула повторюваності [25]

а) в редакції Фуллера

$$q_m = \bar{q}(1 + C_v C_f \lg T_p), \quad (2.52)$$

де  $\bar{q}$  – середній багаторічний максимальний модуль;

$C_f$  – емпіричний регіональний коефіцієнт;

$T_p$  – повторюваність.

Близька до неї за структурою формула повторюваності [25]

а) в редакції Фуллера

$$q_m = \bar{q}(1 + C_v C_f \lg T_p), \quad (2.53)$$

де  $\bar{q}$  – середній багаторічний максимальний модуль;

$C_f$  – емпіричний регіональний коефіцієнт;

$T_p$  – повторюваність.

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

Відповідно рекомендаціям СНіП 2.01.14.83 [22], статистичну обробку рядів максимальних витрат і шарів стоку виконують з використанням кривих біноміального і трипараметричного гама-розподілу.

Основні гідрологічні характеристики (середні значення рядів, коефіцієнти варіації й 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:

$$Q_p = \bar{Q}_m [1 + C_v \Phi(P, C_s)]. \quad (3.1)$$

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

Відповідно для трипараметричного гама-розподілу:

$$Q_p = k_p \bar{Q}_m, \quad (3.2)$$

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 ввійшло 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 розподілу усієї системи  $N$  матеріальних точок (математичне сподівання):

$$m_\chi = \sum_{i=1}^n p_i \chi_i \quad (3.3)$$

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

$$m_\chi = \frac{\chi_1 p_1 + \chi_2 p_2 + \dots + \chi_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^n \chi_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (3.4)$$

При описуванні властивостей статистичних сукупностей використовуються моменти двох видів: початкові та центральні -  $\mu$

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

а

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

де  $l$  – порядок моменту.

Перший початковий момент  $\alpha_1$ , дорівнює математичному сподіванню  $m_x$ . Другий центральний момент називають дисперсією і позначають  $\sigma_x^2$ . З них найбільше застосування у статистиці знайшли статистичні моменти  $\alpha_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ ,  $\mu_4$  та їх безрозмірні характеристики (нормовані моменти). Останні мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

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

- коефіцієнт асиметрії

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

- ексцес

$$E = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4} - 3. \quad (3.9)$$

Кожен з цих моментів містить у собі певну інформацію про характер розподілу випадкової величини. Перший початковий момент  $\alpha_1$  або *математичне сподівання*  $m_x$  є центром розподілу випадкової величини.

Другий центральний момент  $\mu_2$  або дисперсія  $\sigma_x^2$  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  $\sigma_x$ . Стандарт, представлений у безрозмірному вигляді (3.7), називається *коефіцієнтом варіації*. [26,27].

Третій центральний момент  $\mu_3$  служить характеристикою асиметрії розподілу. Якщо розподіл випадкової величини симетричний відносно  $m_x$ , то  $\mu_3$  дорівнює нулю. Безрозмірна характеристика асиметрії (3.8) називається *коефіцієнтом асиметрії*.

Четвертий центральний момент  $\mu_4$  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 кривої мають від'ємний ексцес.

Розглянемо вибіркові оцінки перелічених моментів:

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

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

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

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

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:

$$p_i = \frac{1}{n} \quad (3.14)$$

Формули для розрахунків статистичних моментів набувають такого вигляду:

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

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

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

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

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

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

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



де:

$$k_i = \frac{x_i}{\bar{x}} \quad (3.21)$$

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:

$$\frac{n}{n-1} , \quad (3.22)$$

для третього

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

В результаті розрахункові формули мають такий вигляд:

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

або

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

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

або

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

Що стосується ексцесу, то ця характеристика розподілу не використовується у гідрологічних розрахунках, тому що навіть при відносно довгих рядах стоку вона є недостовірною [26,27].

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 [27].

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 [27].

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  $\theta$  має такий вигляд:

$$L(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \theta) = f(x_1, \theta), \dots, f(x_n, \theta). \quad (3.28)$$

Відповідно до правил диференціального числення для того, щоб знайти оцінку  $\theta$ , необхідно вирішити рівняння:

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

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

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

Таким чином, якщо для деякого параметра існує його ефективна оцінка, то вона є єдиним в цьому випадку вирішенням рівняння (3.30). Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним зміщенням. Строге вирішення приводить до складних трансцендентних рівнянь. У зв'язку з цим був запропонований спрощений засіб оцінки параметрів. У результаті отримані такі статистики:

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.31)$$

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \frac{x_i}{x}}{n} \quad (3.32)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{x} \lg \frac{x_i}{x}}{n} \quad (3.33)$$

Перша із статистик  $\lambda_1$  дорівнює середньоарифметичному значенню випадкової величини  $x$ . Дві другі ( $\lambda_2, \lambda_3$ ) функціонально зв'язані з коефіцієнтом варіації  $C_V$  та коефіцієнтом асиметрії  $C_S$ . Для переходу від  $\lambda_2$  та  $\lambda_3$  до  $C_V$  та  $C_S/C_V$  побудовані спеціальні номограми [27,28].

Деяка зміщеність параметрів  $\lambda_2$  та  $\lambda_3$  може бути усунена за рахунок

поправочного множника  $\frac{n}{n-1}$ , тоді:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1} . \quad (3.34)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1} . \quad (3.35)$$

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

### 3.2 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води

Середні значення рядів  $\bar{Q}_m$ , коефіцієнти варіації  $C_v$  і асиметрії  $C_s$ , а також коефіцієнт автокореляції  $R_1$ , розраховані за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності, приведені у дод. А2.

Як видно з дод. А2, максимальне середнє значення витрат води спостерігається в пункті 18 (р. Десна – м. Чернігів) і становить  $1824 \text{ м}^3/\text{с}$ .

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).

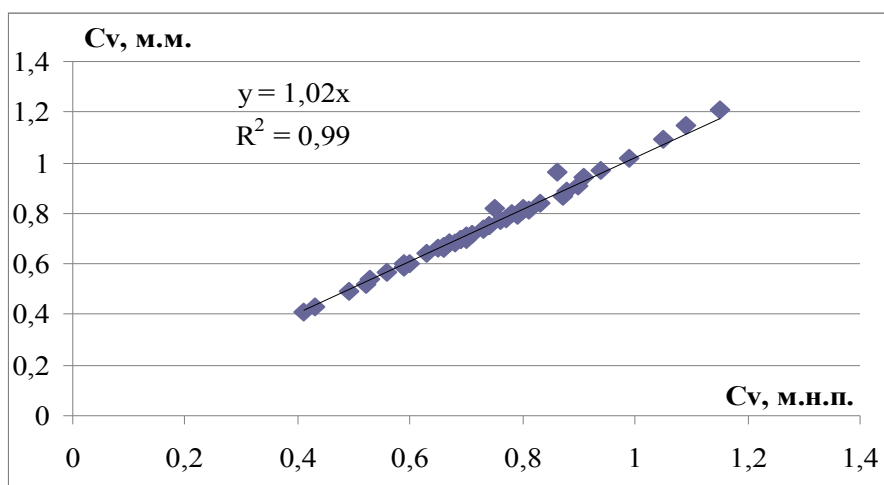


Рисунок 3.1 – Порівняння коефіцієнтів варіації, розрахованих за методом моментів (вісь ординат) та методом найбільшої правдоподібності (вісь абсцис)

### 3.3 Статистична обробка рядів максимальних шарів стоку весняного водопілля

Середні значення рядів  $\bar{Y}_m$ , коефіцієнти варіації  $C_v$  і асиметрії  $C_s$ , а також коефіцієнт автокореляції  $R_1$ , розраховані за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності приведені у дод. А3

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. Ревна-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 імовірності перевищення ( $Q_{1\%}$ ) необхідно визначити їх середню квадратичну похибку. Середні квадратичні похибки квантилів, визначені за допомогою кривої Пірсону III типу, виходячи їх двох перших вибірових статистичних моментів і заданого співвідношення між коефіцієнтами асиметрії і варіації, по методиці Г.А.Алексєєва [28,29]:

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

де  $n$  – кількість років спостережень,  $\frac{d\Phi_p}{dC_s}$  – приватна похідна, яка

приблизно може бути обчислена за формулою:

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

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 [27] 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  $E_{\sigma}$  по номограмі, можна знайти середню квадратичну похибку квантилів  $Q_p$ :

$$\frac{\sigma_{Q_p}}{Q_p} = \frac{E_{\sigma}}{\sqrt{n}} 100. \quad (3.38)$$

Оскільки в данному випадку відношення  $C_s/C_v = 2,5$ , спосіб визначення відносної середньої квадратичної похибки за допомогою номограм не підходить.

По формулі (3.36) розраховуються середньоквадратичні похибки при  $P=1\%$  -го квантиля  $Q_{1\%}$  вихідних даних максимальних витрат води (дод.А.4).

Як видно з дод.А.4 середньоквадратичні помилки коливаються в межах від 9 до 38 %. Збільшення значень помилок залежить від зменшення кількості років спостережень. Середня похибка становить 20,7%.

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

У попередніх розділах надається аналіз формул максимального стоку річок. Для весняного водопілля свого часу була поширена формула редуційного вигляду, а саме [30]

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

де  $q'_m$  – максимальний модуль схилового припливу;

$q_m$  - максимальний модуль стоку;

$F$  – площа водозборів;

$n_1$  – степеневий показник редуції максимального стоку річок.

Для річок лісостепової і степової зон Європейської зони СРСР К.П. Воскресеньський [28] структуру (4.1) для весняного водопілля представив у редакції

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

де  $k_0$  - коефіцієнт дружності весняного водопілля ;

$Y_m$  - шар стоку весняного водопілля;

$\delta_1 \delta_2$  - коефіцієнти редуції, 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 [22].

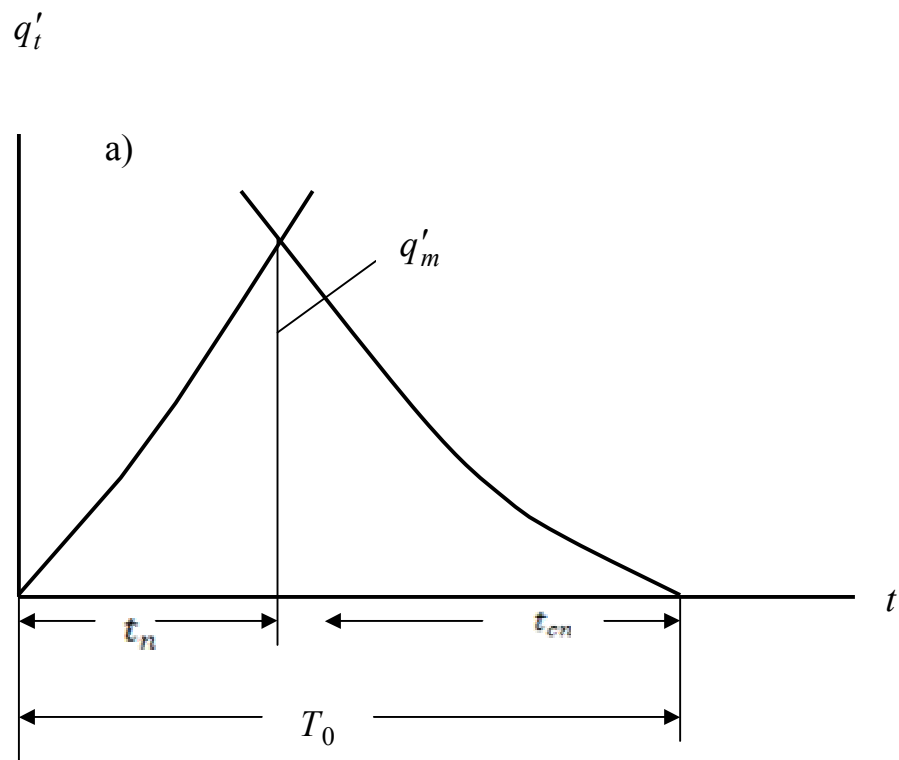
Для гірських річок [18]



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

#### 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.

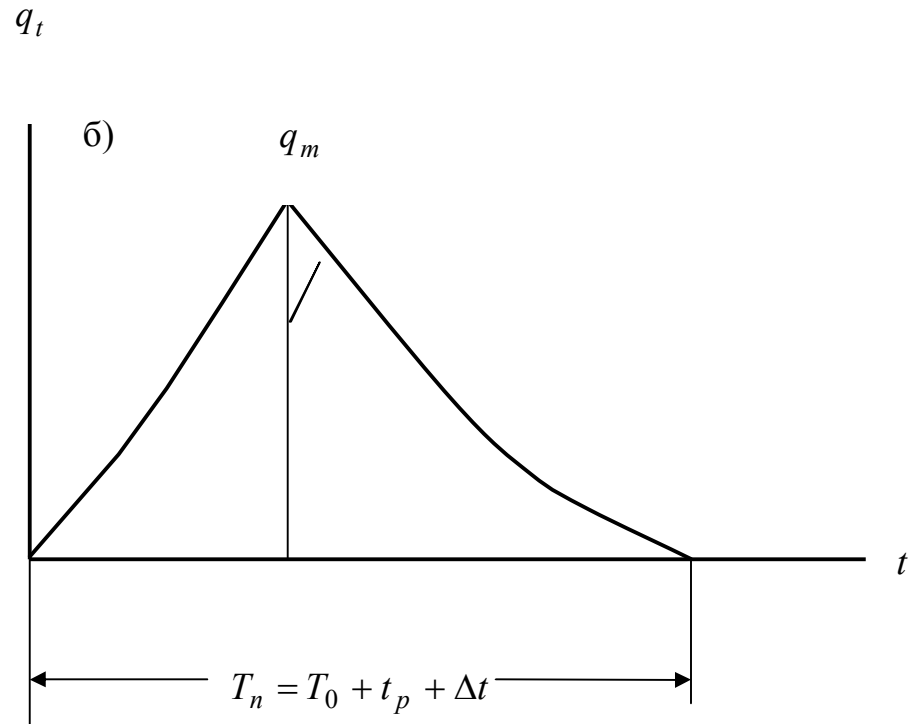


Рис. 4.1. Принципова схема формування руслового стоку

На рис. 4.1 (б) – гідрограф руслового стоку;  $q_m$  – максимальний модуль руслового стоку;  $\Delta t$  – тривалість спрацювання запасів води у русло – заплавних ємкостях;  $T_n$  – тривалість паводків (водопіль) [18].

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

- схиловий стік

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

- русловий стік

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

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

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

і

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

Припускаючи, що у русловій мережі при проходженні 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

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

Звідки

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

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)

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

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

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

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

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

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

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

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

або приймаючи до уваги (4.2) і (4.3),

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{n_1}}. \quad (4.14)$$

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 редуційної формули

У структурі (4.13) максимальний модуль весняного водопілля дорівнює

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}}. \quad (4.15)$$

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

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

Залежність (4.16) представлено на рис. 4.3. Побудована вона по вихідних даних, які надаються у табл.4.1[30,31]

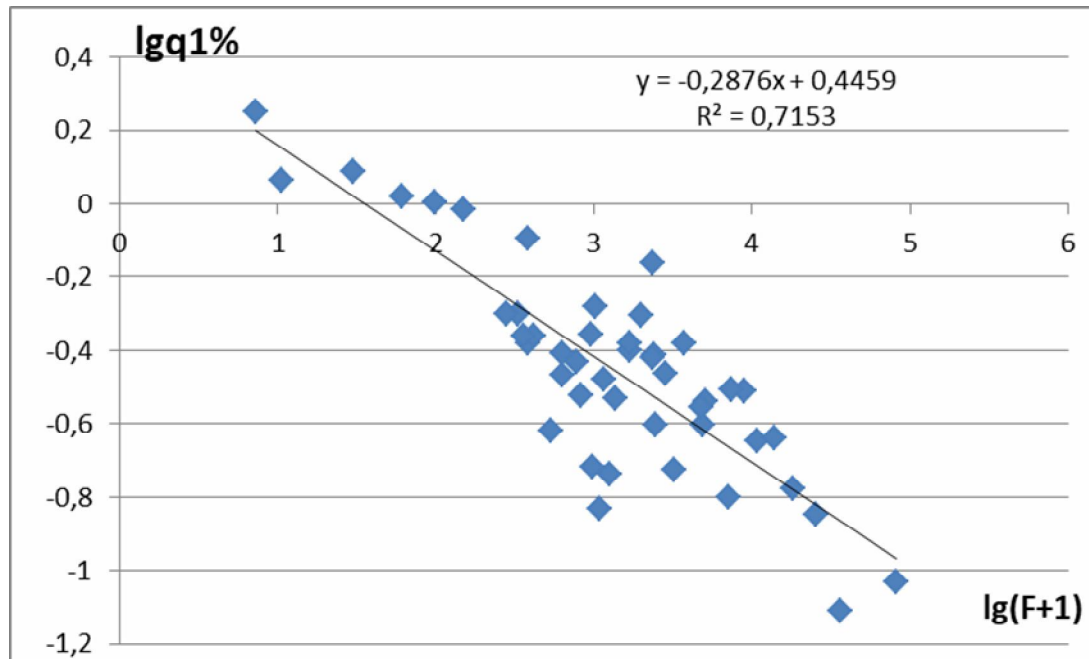


Рисунок 4.3 – Залежність модулів максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Десна від розміру водозборів

Таблиця 4.1 – Вихідні данні для побудування залежності  $\lg q_{1\%} = f(\lg(F+1))$

№	Ріка-пост	F, км <sup>2</sup>	Q <sub>1%</sub> , м <sup>3</sup> /(скм <sup>2</sup> )	lg q <sub>1%</sub>	lg (F+1)
1	р.Десна-м.Чернігов	81400	0,09	-1,03	4,91
2	р.Убедь-с.Кудрівка	970	0,19	-0,72	2,99
3	р.Снов-с.Носівка	7140	0,16	-0,80	3,85
4	р.Десна-с.Разлети	36300	0,08	-1,11	4,56
5	р.Сейм-с.Мутино	25600	0,14	-0,85	4,41
6	р.Клевень-с.Шарпівка	2440	0,25	-0,60	3,39
7	р.Головесняс.Пакошичі	29,5	1,22	0,09	1,48
8	р.Ревна-с.Залізний	380	0,42	-0,38	2,58

Продовження таблиці 4.1

9	р.Івотка-с.Івот	1260	0,09	-1,03	3,1
10	р.Єсмань –с.Ротівка	628	0,19	-0,72	2,8
11	р.Сейм-м.Рильськ	18100	0,16	-0,80	4,26
12	р.Сейм-м.Льгов	10700	0,08	-1,11	4,03
13	р.Прут-с.Ширкове	530	0,14	-0,85	2,73
14	р.Реут-с.Любицька	960	0,25	-0,60	2,98
15	лог.Райчик-с.Польова	6,2	1,22	0,09	0,86
16	р.Сейм-Глушкове	8900	0,42	-0,38	3,95
17	лог.Мересьє-	9,5	0,18	-0,74	1,02
18	р.Сейм-с.Ришкове	7460	0,34	-0,47	3,87
19	р.Сейм-с.Лебязе	4870	0,17	-0,78	3,69
20	р.Тускар-м.Курськ	2380	0,23	-0,64	3,38
21	р.Тускар-х.Вирки	2320	0,24	-0,62	3,37
22	р.Тускар-с.Свобода	1690	0,44	-0,36	3,23
23	р.Рать-с.Беседино	630	1,77	0,25	2,8
24	р.Повна-с.Губанівка	333	0,31	-0,51	2,52
25	р.Сейм-с.Зуївка	2320	1,16	0,06	3,37
26	р.Сейм-с.Гуцино	375	0,31	-0,51	2,58
27	р.Снова-с.Шурове	781	0,25	-0,60	2,89
28	р.Свапа-с.Старе Місто	3690	0,39	-0,41	3,57
29	р.Свапа-с.Михайлівка	2800	0,69	-0,16	3,45
30	р.Чернь-с.Плоске	96,3	0,40	-0,40	1,99
31	р.Свапа-с.Локтіонове	419	0,39	-0,41	2,62
32	р.Усожа-м.Фатіж	364	0,50	-0,30	2,56
33	р.Сев-с.Ново-Ямське	1150	0,38	-0,42	3,06
34	р.Неруса-с.Радогощ	1020	0,80	-0,10	3,01
35	р.Здвиж-с.Гавронщина	837	0,37	-0,43	2,92
36	р.Гуйва-с.Піски	1090	0,41	-0,38	3,04
37	р.Судость-сміт.Погар	5180	0,35	-0,46	3,71
38	р.Рожок-с.Червоне	60	1,01	0,00	1,79
39	р.Коста-с.Глазове	150	0,43	-0,36	2,18
40	р.Десна-м.Брянськ	13700	0,43	-0,36	4,14
41	р.Десна-с.Голубея	4770	0,33	-0,48	3,68
42	р.Десна-с.Олександрівка	1710	0,52	-0,28	3,23
43	р.Ветьма-с.Круча	1370	0,30	-0,52	3,14
44	р.Болва-с.Псур	3210	0,15	-0,83	3,51
45	р.Снежень-м.Карачів	282	0,29	-0,54	2,45

Описується залежність (4.16) рівнянням

$$q_{1\%} = \frac{2.79}{(F+1)^{0.29}}; r = 0.84 \quad (4.17)$$

### 4.3. Перевірочні розрахунки максимальних модулів стоку весняного водопілля в басейні р. Десна.

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. Киров), а в середньому похибка дорівнює 21,9 %.

Таблиця 4.2. – Перевірочні розрахунки  $q_{1\%}$  за формулою (4.17);  $q'_{1\%} = 2,79$

№	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$(F+1)^{0.29}$ м <sup>3</sup> /(скм <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	$q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /(скм <sup>2</sup> )	$(q_{1\%})$ , м <sup>3</sup> /(скм <sup>2</sup> )	$ \Delta q_{1\%} $
1	р.Десна-м.Чернігів	81400	26,6	0,09	0,105	12,8
2	р.Убедь-с.Кудрівка	970	7,4	0,19	0,280	32,1
3	р.Снов-с.Носівка	7140	13,1	0,16	0,213	34,8
4	р.Десна-с.Разлети	36300	21,0	0,10	0,133	33,3
5	р.Сейм-с.Мутино	25600	19,0	0,14	0,147	4,00
6	р.Клевень-с.Шарпівка	2440	9,6	0,25	0,291	16,2
7	р.Головесня- с.Пакошичі	29,5	2,7	1,22	1,036	15,1
8	р.Ревна-с.Залізний	380	5,6	0,42	0,498	19,7
9	р.Івотка-с.Івот	1260	7,9	0,18	0,30	40,1
10	р.Есмань -с.Ротівка	628	6,5	0,33	0,431	26,9

## Продовження таблиці 4.2

11	р.Сейм-м.Рильськ	18100	17,2	0,17	0,16	2,90
12	р.Сейм-м.Льгов	10700	14,7	0,23	0,163	16,5
13	р.Прут-с.Ширкове	530	6,2	0,24	0,189	87,2
14	р.Реут-с.Любицька	960	7,3	0,44	0,452	13,59
15	лог.Райчик-с.Польова	6,2	1,8	1,77	0,381	11,28
16	р.Сейм-Глушкове	8900	14,0	0,31	1,574	35,0
17	лог.Мересье- х.Олексіївський	9,5	2,0	1,16	0,200	21,8
18	р.Сейм-с.Ришкове	7460	13,3	0,31	1,411	32,4
19	р.Сейм-с.Лебязе	4870	11,7	0,25	0,210	5,15
20	р.Тускар-м.Курськ	2380	9,5	0,39	0,238	24,1
21	р.Тускар-х.Вирки	2320	9,5	0,69	0,293	57,0
22	р.Тускар-с.Свобода	1690	8,6	0,40	0,295	18,9
23	р.Рать-с.Беседино	630	6,5	0,39	0,323	10,15
24	р.Повна-с.Губанівка	333	5,4	0,50	0,430	3,14
25	р.Сейм-с.Зуївка	2320	9,5	0,38	0,517	22,0
26	р.Сейм-с.Гущино	375	5,6	0,80	0,295	37,0
27	р.Снова-с.Шурове	781	6,9	0,37	0,500	9,00
28	р.Свапа-с.Старе Місто	3690	10,8	0,41	0,404	37,0
29	р.Свапа-с.Михайлівка	2800	10,0	0,35	0,258	19,0
30	р.Чернь-с.Плоске	96,3	3,8	1,01	0,279	19,0
31	р.Свапа-с.Локтіонове	419	5,8	0,43	0,740	11,0
32	р.Усожа-м.Фатіж	364	5,5	0,43	0,484	8,00
33	р.Сев-с.Ново-Ямське	1150	7,7	0,33	0,504	8,00
34	р.Неруса-с.Радогощ	1020	7,5	0,52	0,361	28,0
35	р.Здвиж-с.Гавронщина	837	7,0	0,30	0,374	32,0
36	р.Гуйва-с.Піски	1090	7,6	0,15	0,18	20,0
37	р.Судость-с-мт.Погар	5180	11,9	0,29	0,26	19,0
38	р.Рожок-с.Червоне	60	3,3	1,05	0,234	19,0
39	р.Коста-с.Глазове	150	4,3	0,97	0,847	32,0
40	р.Десна-м.Брянськ	13700	15,8	0,23	0,651	23,0
41	р.Десна-с.Голубея	4770	11,7	0,17	0,176	14,0



Продовження таблиці 4.2

42	р.Десна- с.Олександрівка	1710	8,1	0,29	0,343	16,8
43	р.Ветьма-с.Круча	1370	10,4	0,19	0,268	41,9
44	р.Болва-с.Псур	3210	5,1	0,50	0,543	8,5
45	р.Сніжень- м.Карачів	282	9,1	0,50	0,307	38,0

Точність розрахунків може бути визначена за виразом як:

$$\Delta = \frac{|q_{1\%P} - q_{1\%Ф}|}{q_{1\%Ф}} \cdot 100\%, \quad (4.18)$$

де  $q_{1\%Ф}$  - фактичні значення  $q_{1\%}$ , а  $q_{1\%P}$  - розраховані за методикою.

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

Її точність відповідає вимогам СНіП 2.01.14-83  $< 20\%$  при вихідних даних, які мають точність  $> 20\%$ . Середнє відхилення розрахункових значень від фактичних р. Десна – м. Чернігів складає 23,2 %, що при точності вихідної інформації вихідної інформації 20,7% є задовільним результатом.

## ВИСНОВОК

Магістерська робота присвячена розробці методики для розрахунку максимальних модулів стоку в басейні річки Десна забезпеченістю  $P=1\%$ . По результатам досліджень та узагальнення можна зробити наступні висновки:

1. За базову прийнята формула редукційного вигляду (4.17).
2. Для обґрунтування параметрів розрахункової формули використовувалися дані по 45 водозборах з площею від  $6,20 \text{ км}^2$  (лог Райчик – с. Польова Лукашівка) до  $81400 \text{ км}^2$  (р. Десна - с. Чернігів).

3. Статистична обробка виконувалася за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності. Коефіцієнти варіації, обчислені за двома методами, і практично співпадають. У подальшому був використаний коефіцієнт варіації, розрахований за методом найбільшої правдоподібності, а співвідношення  $C_v/C_s$  усереднено і прийнято на рівні 2,5.

4. Витрати води розрахункової забезпеченості  $P=1\%$  були встановлені з використанням біноміальної кривої Пірсона III і трипараметричного гамма-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля. Середньоквадратична похибка витрати води забезпеченості  $P=1\%$  становить 20,0%, що майже повністю відповідає вимогам СНіП 2.01.14-83 і вихідним даним по максимальному стоку весняного водопілля в басейні р.Десни.

5. Перевірочні розрахунки за отриманою формулою (4.17) показали, що середньоквадратична похибка розрахунків максимального стоку весняного водопілля для річок досліджуваної території становить  $|\Delta q_{1\%}| = \pm 23,2\%$ , при точності вихідної інформації  $\pm 20,7\%$ . Що є задовільним результатом і дозволяє рекомендувати пропоновану методику для визначення максимальних витрат води  $q_{1\%}$  за відсутності безпосередніх матеріалів спостережень весняного водопілля в басейні річки Десна.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Паламарчук М.М. Водний фонд України. Довідковий посібник / М.М. Паламарчук, Н.Б. Закорчевна; за ред. В.М. Хорєва, К.А. Алієва. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 2. Среднее и нижнее Поднепровье. / Под ред. М.С. Каганера. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 656 с.
3. Атлас України [Електронний ресурс]: Кер. проекту Л.Г.Руденко, В.С.Чабанюк, А.І.Бочковська / Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», Інтелектуальні Системи ГЕО, 1999-2000. – Назва з титул. екрану.
4. Фізична географія Української РСР / [За ред. А.М. Маринича]. – К.: Вища школа, 1982. – 208 с.
5. Природа Украинской ССР. Почвы / [Н.Б. Вернандер, И.Н. Гоголев., Д.И. Ковалишин и др.] – Киев: Наук. думка, 1986. – 216с.
6. Назаров Г.В. Гидрологическая роль почвы / Г.В. Назаров. – Л.: Наука, 1981. – 214 с.
7. Генсірук С.А. Географія лісових ресурсів України / С.А. Генсірук, М.С. Нижник. – Львів: Світ, 1995. – 123 с.
8. Клімат України / За ред.. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – Київ: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
9. Природа Украинской ССР. Климат / [В.Н. Бабиченко, М.Б. Барабаш, К.Т. Логвинов и др.] – К.: Наукова думка, 1984. – 232 с.
10. Барабаш М.В. Зміна клімату при глобальному потеплінні / М.В. Барабаш, М.Б. Грибенюк, О.Г. Татарчук // Зб. «Водне господарство України». 1998. №3 – с. 9-12.

- 11.Лобода Н.С. Оценка влияния атмосферных процессов Северной Атлантики на формирование полей годового стока рек Украины / Н.С.Лобода // Український гідрометеорологічний журнал, №3. – 2008. – с. 167-177.
- 12.Лобода Н.С. Водні ресурси України у зв'язку з кліматичними умовами / Н.С. Лобода, Е.Д. Гопченко // Зб. наук. пр. Укр. географ. тов. Україна: географічні проблеми сталого розвитку. – 2004. – С. 144-146.
- 13.Вишневецький В.І. Гідрологічні характеристики річок України/ В.І. Вишневецький, О.О.Косовець.-К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
- 14.Швебс Г.І. Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник / Г.І. Швебс, М.І. Ігошин – Одеса: Астропринт, 2003. – 392 с.
- 15.Гребень В.В. Сучасний водний режим річок України (ланшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В. Гребень — К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
- 16.Соколовский Д.Л. Речной сток / Д.Л. Соколовский – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 538 с.
- 17.Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Максимальний стік дощових паводків на річках Півдня України/ Є.Д.Гопченко, Н.С.Лобода, В.А.Овчарук // Монографія. Одеса ТЕС, 2016, 211 с.
- 18.Гопченко Є.Д., Гідрологічні розрахунки /Є.Д.Гопченко, Н.С.Лобода, В.А.Овчарук // Підручник, Одеса, ТЕС, 2014, 483 с.
- 19.Кочерин Д.И., Вопросы инженерной гидрологии / Д.И.,Кочерин// М. – Л.,1932.– 452 с.
- 20.Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты / И.Ф. Горошков – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 432с.
- 21.Мокляк В.І. Максимальні витрати від талих вод на річках УРСР / В.І. Мокляк – Київ; Видав. АН УРСР, 1957. – 163 с.
- 22.Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
- 23.Железняк И.А. Определение максимального расхода половодья по типовым характеристикам гидрометеорологических условий и

- водосбора / И.А. Железняк // Тр. УкрНИГМИ, 1985. – Вып. 201. – с. 15-27.
- 24.Бефани А.Н. Основы теории ливневого стока / А.Н. Бефани // Труды ОГМИ, вып. XIV, 1958. – 309 с.
- 25.Линслей Р.К. Прикладная гидрология (пер. с англ.). / Р.К. Линслей, М.А. Колер, Х. Паулюс // Л., Гидрометеиздат, 1968, 769 с.
- 26.Рождественский А.В. Статистические методы в гидрологии / А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
- 27.Крицкий С.Н. Гидрологические основы управления речным стоком / С.Н. Крицкий, М.Ф. Менкель – М.: Наука, 1981. – 235 с.
- 28.Алексеев Г.А. Методы оценки случайных погрешностей гидрометеорологической информации / Г.А. Алексеев – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 94 с.
- 29.Воскресенский К.П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках / К.П. Воскресенский – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 467 с.
- 30.Гопченко Е.Д. О редуционных формулах максимального стока / Е.Д. Гопченко // Тр.УкрНИГМИ, 1980. – Вып.175. – с. 85-93.30
- 31.

## ДОДАТКИ

## Додаток А. 1 – Основні гідрографічні характеристики водозборів річок до гідрометричних створів та гирла

№ з/п	№ з/п карті	Річка-пост	Відстань L, км		Уклон річки I, %		Площа водозбору F, км <sup>2</sup>	Середня висота Нср, м	Заболоченість фб, %	Залісеність фл, %	Розпаханість, %
			від витoku	від найб.віддаленої точки	середній	середньозважений					
1	95	р.Убедь-с.Кудрівка	75	75	0,7	0,6	970	160	4	22	40
2	121	р.Снов-с.Носівка	156	156	0,4	0,3	7140	160	4	16	0
3	77	р.Десна-с.Разлети	669	669	0,2	0,1	36300	190	2	30	0
4	103	р.Сейм-с.Мутино	643	643	0,2	0,1	25600	210	3	6	0
5	119	р.Клевень-с.Шарпівка	134	134	0,6	0,4	2440	180	2	7	60
6	94	р.Головесня-с.Пакошичі	9,4	11	5,2	4,5	29,5	180	<1	13	80
7	122	р.Ревна-с.Залізний	34	34	1	0,8	380	170	3	14	40
8	93	р.Івотка-с.Івот	67	67	1,3	0,8	1260	190	6	30	60
9	120	р.Есмань -с.Ротівка	63	68	1	1	628	180	3	15	60
10	102	р.Сейм-м.Рильськ	395	395	0,3	0,1	18100	210	3	5	
11	101	р.Сейм-м.Льгов	292	292	0,3	0,1	10700	210	3	5	
12	113	р.Прут-с.Ширкове	43	43	1,2	1,1	530	200	3	14	60

## Продовження додатку А-1

13	112	р.Реут-с.Любицька	64	68	1,4	0,9	960	210	<1	6	70
14	111	лог.Райчик-с.Польова Лукашівка	0,1	2,3	26	23	6,2	220	0	15	69
15	100	р.Сейм-Глушків	244	244	0,4	0,2	8900	220	3	5	
16	110	лог.Мересьєв- х.Олексіївський	4,4	4,4	10	9	9,50	220	0	8	60
17	99	р.Сейм-с.Ришкове	176	176	0,5	0,3	7460	220	3	5	-
18	98	р.Сейм-с.Лебязьє	159	159	0,5	0,3	4870	220	5	4	
19	108	р.Тускар-м.Курськ	98	102	0,6	0,5	2380	230	<1	5	70
20	107	р.Тускар-х.Вирки	91	95	0,7	0,6	2320	230	<1	4	70
21	106	р.Тускар-с.Свобода	56	60	0,9	0,8	1690	230	<1	4	80
22	105	р.Рать-с.Беседіно	40	47	0,9	0,7	630	220	0	6	70
23	104	р.Повна-с.Губанівка	25	28	2,4	2,1	333	220	<1	6	70
24	97	р.Сейм-с.Зуївка	86	86	0,9	0,5	2320	220	3	3	80
25	96	р.Сейм-с.Гущино	32	32	1,6	0,9	375	230	0	2	80
26	109	р.Снова-с.Шурів	52	1,2	1,2	781	230	<1	2	80	70
27	116	р.Свапа-с.Старе місто	120	120	0,6	0,4	3690	210	1	11	

## Продовження додатку А-1



28	115	р.Свапа-с.Михайлівка	72	72	0,8	0,7	2800	210	1	9	70
29	118	р.Чернь-с.Плоске	12	14	3,4	2,6	96,3	240	0	5	60
30	114	р.Свапа-с.Локтіонів	36	36	1,4	1,2	419	220	<1	6	70
31	117	р.Усожа-м.Фатеж	24	324	1,5	1,1	364	220	<1	4	80
32	88	р.Сев-с.Нове-Ямське	45	0,9	0,8	1150	200	3	13	60	80
33	87	р.Неруса-с.Радогіщ	45	45	1,5	1,1	1020	220	<1	23	60
34	69	р.Здвиж-с.Гавронщина	65	65	0,8	0,7	837	180	5	4	40
35	66	р.Гуйва-с.Піски	93	93	1,1	0,8	1090	240	3	11	
36	90	р.Судость-с-мт.Погар	148	0,5	0,4	5180	180	6	16		60
37	92	р.Ріжок-с.Червоне	2,1	12	1,7	1,5	60	200	<1	8	50
38	91	р.Коста-х.Глазів	11	14	3	2,9	150	190	4	<1	50
39	74	р.Десна-м.Брянськ	352	352	0,3	0,2	13700	190	1	40	
40	73	р.Десна-с.Голубея	238	0,3	0,2	4770	210	1	27	40	40
41	71	р.Десна-с.Олександрівка	103	103	0,6	0,4	1710	220	1	20	20
42	82	р.Ветьма-с.Круча	91	91	0,7	0,5	1370	200	2	30	
43	84	р.Болва-с.Псур	136	136	0,5	0,4	3210	200	<1	44	

## Продовження додатку А-1

44	85	р.Сніжень-м.Карачів	22	1,4	1,2	282	220	5	5	60	60
45	83	р.Болва-м.Кіров	77	77	0,8	0,6	2010	230		34	30

Додаток А. 2 – Статистичні характеристики часових рядів максимальних витрат води весняного водопілля

№ з/п	№ поста	Річкам – пост	Q <sub>ср</sub> , м³/с	Метод моментів			Метод найбіл. правдоподібності		
				C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	(R1)	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>
1	79	р.Десна-м.Чернігов	1810,3	0,87	2,31	0,124	0,87	2,58	2,9
2	95	р.Убедь-с.Кудрівка	48,1	0,8	1,06	0,257	0,80	1,15	1,4
3	121	р.Снов-с.Носівка	281,7	0,82	1,23	0,401	0,83	1,36	1,6
4	77	р.Десна-с.Розлети	855,2	0,67	2,18	0,138	0,67	2,67	4,0
5	103	р.Сейм-с.Мутино	837,6	0,90	1,63	0,337	0,91	1,79	2,0
6	119	р.Клевень-с.Шарпівка	112,0	1,14	3,01	0,597	1,20	4,0	3,3
7	94	р.Головесня-с.Пакошичі	7,9	0,95	2,15	0,184	0,95	2,22	2,6
8	122	р.Ревна-с.Залізний	30,1	1,09	2,42	0,181	1,15	4,89	3,8
9	93	р.Івотка-с.Івот	76,8	0,59	0,56	0,318	0,59	0,80	1,0
10	120	р.Єсмань –с.Ротівка	53,9	0,81	1,34	0,232	0,82	1,51	1,8

## Продовження додатку А. 2

11	102	р.Сейм-м.Рильськ	790,9	0,78	1,34	0,189	0,79	1,49	1,9
12	101	р.Сейм-м.Льгов	618,8	0,81	1,27	-0,12	0,85	1,97	2,3
13	113	р.Прут-с.Ширкове	49,3	0,50	1,56	0,196	0,49	1,96	3,9
14	112	р.Реут-с.Любицьке	114,7	0,76	1,95	-0,117	0,78	2,54	3,2
15	111	лог.Райчик-с.Польова Лукашівка	2,6	0,84	1,44	0,194	0,87	2,14	2,5
16	100	р.Сейм-Глушкове	583,4	0,98	1,83	0,272	1,06	4,02	3,8
17	110	лог.Мересьє- х.Олексіївський	3,31	0,66	0,65	0,161	0,67	0,77	1,2
18	99	р.Сейм-с.Ришкове	548,7	0,88	1,70	0,169	0,89	1,94	2,2
19	98	р.Сейм-с.Лебязе	375,6	0,65	0,84	-0,014	0,66	0,91	1,4
20	108	р.Гускар-м.Курськ	257,8	0,73	1,28	0,242	0,73	1,39	1,9
21	107	р.Гускар-х.Вирки	553	0,56	0,43	-1.013	0,62	0,88	1,4

## Продовження додатку А. 2

22	106	р.Тускар-с.Свобода	178,3	0,78	1,82	0,385	0,79	2,54	3,2
23	105	р.Рать-с.Беседіно	65,9	0,77	1,69	0,155	0,78	2,11	2,7
24	104	р.Повна-с.Губанівка	37,1	0,94	1,62	0,227	0,97	2,25	2,3
25	97	р.Сейм-с.Зуївка	266,8	0,67	0,69	-0,132	0,67	0,74	1,1
26	96	р.Сейм-с.Гущино	57,5	1,09	1,43	0,264	1,14	1,93	1,7
27	109	р.Снова-с.Шурове	104,6	0,54	1,17	0,173	0,54	1,40	2,6
28	116	р.Свапа-с.Старе Місто	429,8	0,73	1,32	0,331	0,73	1,46	2,0
29	115	р.Свапа-с.Михайлівка	285,7	0,69	1,21	0,313	0,70	1,48	2,1
30	118	р.Чернь-с.Плоске	32,8	0,59	0,95	0,446	0,59	1,11	1,9
31	114	р.Свапа-с.Локтіонове	56,1	0,66	1,51	0,312	0,66	1,91	2,9
32	117	р.Усожа-м.Фатіж	53,5	0,58	0,61	0,182	0,59	0,66	1,1
33	88	р.Сев-с.Ново-Ямське	113	0,69	1,0	0,174	0,70	1,28	1,8
34	87	р.Неруса-с.Радогощ	132,2	0,84	2,16	0,253	0,95	3,94	4,1

## Продовження додатку А. 2

35	69	р.Здвиж-с.Гавронщина	53,3	0,97	1,50	-0,117	0,99	1,84	1,8
36	66	р.Гуйва-с.Піски	46,0	0,71	0,12	0,305	0,73	0,23	0,3
37	90	р.Судость-сmt.Погар	415,6	0,73	0,89	0,194	0,74	1,00	1,3
38	92	р.Рожок-с.Червоне	16,1	0,80	1,83	0,087	0,82	2,76	3,3
39	91	р.Коста-с.Глазове	40,6	0,72	1,03	-0,136	0,74	1,21	1,6
40	74	р.Десна-м.Брянськ	1002,6	0,63	0,77	0,068	0,63	0,80	1,3
41	73	р.Десна-с.Голубея	418,8	0,64	0,82	-0,015	0,64	0,89	1,4
42	71	р.Десна-с.Олександрівка	251,3	0,55	0,67	-0,119	0,55	0,73	1,3
43	82	р.Ветьма-с.Круча	101,7	0,82	1,41	0,14	0,83	1,7	2,1
44	84	р.Болва-с.Псур	261,5	0,43	0,51	0,20	0,43	0,5	1,3
45	85	р.Снежень-м.Карачів	50,2	0,54	1,23	0,29	0,55	1,49	2,7

## Додаток А. 3 – Статистичні характеристики часових рядів максимальних шарів стоку весняного водопілля

№з/п	№ поста	Річкам – пост	Y <sub>ср</sub> , мм	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
				Cv	Cs	(R1)	Cv	Cs	Cs/Cv
1	79	р.Десна-м.Чернігов	76,8	0,39	1,29	0,118	0,38	1,33	3,5
2	95	р.Убедь-с.Кудрівка	45,6	0,40	1,22	0,285	0,48	1,35	2,8
3	121	р.Снов-с.Носівка	57,8	0,45	0,89	0,31	0,42	0,92	2,2
4	77	р.Десна-с.Розлети	81	0,08	0,97	0,105	0,30	1,04	3,4
5	103	р.Сейм-с.Мутіно	71,5	0,53	1,42	0,326	0,52	1,52	2,9
6	119	р.Клевень-с.Шарпівка	53,9	0,67	2,28	0,543	0,67	2,80	4,2
7	94	р.Головесня-с.Пакошичі	60,8	0,62	1,43	0,244	0,62	1,55	2,5
8	122	р.Ревна-с.Залізний	54	0,71	2,12	0,286	0,75	3,58	4,7
9	93	р.Івотка-с.Івот	53,2	0,40	0,87	0,104	0,40	0,91	2,3
10	120	р.Єсмань-с.Ротівка	51	0,5	1,68	0,206	0,50	1,99	3,6

## Продовження додатку А. 3

11	102	р.Сейм-м.Рильськ	70,5	0,43	0,64	0,187	0,42	0,67	1,5
12	101	р.Сейм-м.Льгов	68,8	0,94	0,99	-0,01	0,52	1,39	2,8
13	113	р.Прут-с.Ширкове	73,8	0,42	0,52	0,319	0,43	0,56	1,3
14	112	р.Реут -с.Любицька	67,4	0,52	0,82	0,129	0,57	0,89	1,7
15	111	лог.Райчик-с.Польова Лукашівка	54	0,69	0,81	0,016	0,71	1,00	1,4
16	100	р.Сейм-Глушкове	57	0,78	1,55	0,358	0,83	3,05	3,7
17	110	лог.Мересье- х.Олексіївський	46,6	0,89	1,11	0,121	0,93	1,47	1,6
18	99	р.Сейм-с.Ришкове	66,1	0,51	0,71	0,296	0,51	0,74	1,5
19	98	р.Сейм-с.Лебязе	60,3	0,48	0,24	0,174	0,48	0,29	0,6
20	108	р.Тускарь-м.Курськ	75,3	0,53	1,25	0,162	0,53	1,37	2,6
21	107	р.Тускарь-х.Вирки	113,7	0,50	1,62	-1	0,70	6,62	9,5
22	106	р.Тускарь-с.Свобода	65,9	0,56	1,54	0,291	0,58	2,14	3,6



## Продовження додатку А. 3

23	105	р.Рать-с. Беседіно	62,2	0,49	1,33	0,123	0,55	1,58	2,9
24	104	р.Повна-с.Губанівка	58,7	0,77	2,03	0,173	0,83	3,32	4,0
25	97	р.Сейм-с.Зуївка	64,1	0,58	0,38	0,012	0,51	0,48	0,7
26	96	р.Сейм-с.Гущино	42,8	0,42	0,94	0,253	0,71	1,11	1,5
27	109	р.Снова-с.Шурове	70,9	0,57	1,96	0,075	0,56	2,78	4,8
28	116	р.Свапа-с.Старе Місто	81,7	0,49	0,96	0,371	0,49	1,02	2,1
29	115	р.Свапа-с.Михайлівка	75,05	0,58	0,81	0,289	0,58	0,95	1,6
30	118	р.Чернь-с.Плоске	85,9	0,62	0,89	0,414	0,63	1,06	1,7
31	114	р.Свапа-с.Локтіонове	79,5	0,51	1,57	0,22	0,51	2,01	3,1
32	117	р.Усожа-м.Фатіж	71,3	0,50	1,37	0,099	0,50	1,66	3,3
33	88	р.Сев-с.Ново-Ямсько	59,7	0,56	0,11	0,176	0,57	1,47	2,6
34	87	р.Нерусса-с.Радогощ	73,5	0,64	1,51	0,354	0,66	2,45	3,7

## Продовження додатку А. 3

35	69	р.Здвиж-с.Гавронщина	31,9	0,88	2,59	-0,14	0,94	3,19	3,4
36	66	р.Гуйва-с.Піски	37,6	0,65	0,84	0,173	0,62	1,04	1,6
37	90	р.Судость-сmt.Погар	67,2	0,53	0,90	0,144	0,53	1,01	1,9
38	92	р.Рожок-с.Червоне	82,8	0,66	1,34	0,161	0,67	1,80	2,7
39	91	р.Коста-с.Глазове	108,7	0,59	0,96	-0,009	0,59	1,12	1,9
40	74	р.Десна-м.Брянськ	95,6	0,35	0,31	0,12	0,35	0,33	0,9
41	73	р.Десна-с.Голубея	105,9	0,38	0,33	0,10	0,38	0,37	1
42	71	р.Десна-с.Олександрівка	109,6	0,37	0,84	0,61	0,37	0,22	2,5
43	82	р.Ветьма-с.Круча	78,4	0,55	0,71	0,157	0,55	0,81	1,5
44	84	р.Болва-с.Псурь	81,2	0,34	0,29	0,047	0,34	0,34	1
45	85	р.Снежень-м.Карачів	105,5	0,49	1,67	0,307	0,49	1,25	2,5

Додаток А. 4 - Розрахунок максимальних витрат весняної повені різної забезпеченості (P=1,3,5,10%) при Cs=2,5Cv

№ з/п	№ з/п	Річка – пост	□Q <sub>ср</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	Q <sub>1%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>3%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>5%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>10%</sub> , м <sup>3</sup> /с
1	79	р.Десна-м.Чернігів	1810,3	0,87	7585	5702	4870	3784
2	95	р.Убедь-с.Кудрівка	48,1	0,80	186	142	123	97
3	121	р.Снов-с.Носівка	281,7	0,83	1127	856	735	575
4	77	р.Десна-с.Розлети	855,2	0,67	2814	2232	1958	1591
5	103	р.Сейм-с.Мутино	837,6	0,90	3618	2705	2303	1776
6	119	р.Клевень-с.Шарпівка	112,0	1,14	610	435	358	262
7	94	р.Головесня-с.Пакошичі	7,9	0,95	36	27	23	17
8	122	р.Ревна-с.Залізний	30,1	1,10	158	113	94	70
9	93	р.Івотка-с.Івот	76,8	0,60	230	186	165	137
10	120	р.Єсмань –с.Ротівка	53,9	0,82	213	162	140	109

## Продовження додатку А. 4

11	102	р.Сейм-м.Рильськ	790,9	0,79	3029	2317	2001	1582
12	101	р.Сейм-м.Льгов	618,8	0,81	2426	1850	1590	1250
13	113	р.Прут-с.Ширкове	49,3	0,50	128	106	96	82
14	112	р.Реут-с.Любицька	114,7	0,76	423	327	283	226
15	111	лог.Райчик-с.Польова Лукашівка	2,60	0,84	11	8	7	5
16	100	р.Сейм-Глушкове	583,4	0,98	2736	1995	1692	1283
17	110	лог.Мересьє-х.Олексіївський	3,31	0,66	11	9	7	6
18	99	р.Сейм-с.Ришкове	548,7	0,88	2321	1745	1487	1151
19	98	р.Сейм-с.Лебязе	375,6	0,66	1221	969	853	695
20	108	р.Гускарь-м.Курськ	257,8	0,73	918	714	621	498
21	107	р.Гускарь-х.Вирки	553	0,57	1593	1294	1156	946
22	106	р.Гускарь-с.Свобода	178,3	0,78	674	519	448	355

## Продовження додатку А. 4

23	105	р.Рать-с Беседіно	65,9	0,77	246	190	164	130
24	104	р.Повна-с.Губанівка	37,1	0,94	167	124	105	80
25	97	р.Сейм-с.Зуївка	266,8	0,67	878	696	611	496
26	96	р.Сейм-с.Гущино	57,5	1,09	300	215	179	132
27	109	р.Снова-с.Шурове	104,6	0,54	288	236	212	179
28	116	р.Свапа-с.Старе Місто	429,8	0,73	1530	1191	1036	830
29	115	р.Свапа-с.Михайлівка	285,7	0,69	966	760	666	540
30	118	р.Чернь-с.Плоске	32,8	0,59	97	78	70	58
31	114	р.Свапа-с.Локтіонове	56,1	0,66	182	145	127	104
32	117	р.Усожа-м.Фатіж	53,5	0,59	158	128	114	95
33	88	р.Сев-с.Ново-Ямське	113	0,69	382	301	263	214
34	87	р.Неруса-с.Радогощ	132,2	0,84	535	406	348	271

## Продовження додатку А. 4

35	69	р.Здвиж-с.Гавронщина	53,3	0,98	250	182	155	117
36	66	р.Гуйва-с.Піски	46,0	0,71	160	125	109	88
37	90	р.Судость-сmt.Погар	415,6	0,74	1496	1164	1010	806
38	92	р.Рожок-с.Червоне	16,1	0,81	63	48	41	33
39	91	р.Коста-с.Глазове	40,6	0,73	145	112	98	78
40	74	р.Десна-м.Брянськ	1002,6	0,63	3138	2507	2216	1825
41	73	р.Десна-с.Голубея	418,8	0,64	1328	1060	934	766
42	71	р.Десна-с.Олександрівка	251,3	0,56	714	581	520	420
43	82	р.Ветьма-с.Круча	101,7	0,82	403	306	263	206
44	84	р.Болва-с.Псур	261,5	0,43	607	518	471	411
45	85	р.Снежень-м.Карачів	50,2	0,55	141	115	103	86

## Додаток А. 5 – Розрахунок максимальних шарів стоку весняного водопілля різної забезпеченості (P=1,3,5,10 %)

при  $C_s=3C_v$ 

№ з/п		Річка – пост	$\square Y_m$ , мм	$C_v$	$Y_{1\%}$ , мм	$Y_{3\%}$ , мм	$Y_{5\%}$ , мм	$Y_{10\%}$ , мм
1	79	р.Десна-м.Чернігов	76,8	0,39	172	164	148	126
2	95	р.Убедь-с.Кудрівка	45,6	0,49	119	98	88	75
3	121	р.Снов-с.Носівка	57,8	0,43	138	115	105	90
4	77	р.Десна-с.Разлети	81	0,31	157	137	127	114
5	103	р.Сейм-с.Мутино	71,5	0,53	199	161	143	120
6	119	р.Клевень-с.Шарпівка	53,9	0,67	182	155	123	99
7	94	р.Головесня-с.Пакошичі	60,8	0,63	195	153	134	111
8	122	р.Ревна-с.Залізний	54	0,71	192	147	127	102
9	93	р.Івотка-с.Івот	53,2	0,40	120	102	93	81
10	120	р.Єсмань –с.Ротівка	51	0,56	148	119	105	88
11	102	р.Сейм-м.Рильськ	70,5	0,45	173	144	130	112
12	101	р.Сейм-м.Льгов	68,8	0,49	180	147	133	113

## Продовження додатку А. 5

13	113	р.Прут-с.Ширкове	73,8	0,42	173	145	132	114
14	112	р.Реут-с.Любицька	67,4	0,53	187	152	135	113
15	111	лог.Райчик-с.Польова Лукашівка	54	0,69	187	144	125	100
16	100	р.Сейм-Глушкове	57	0,78	221	165	141	111
17	110	лог.Мересьє-х.Олексіївський	46,6	0,89	201	147	124	95
18	99	р.Сейм-с.Ришкове	66,1	0,51	178	145	130	110
19	98	р.Сейм-с.Лебязе	60,3	0,49	158	129	116	99
20	108	р.Тускар-м.Курськ	75,3	0,53	209	169	151	127
21	107	р.Тускар-х.Вирки	113,7	0,57	335	267	236	197
22	106	р.Тускар-с.Свобода	65,9	0,58	197	157	138	115
23	105	р.Рать-с.Беседино	62,2	0,55	179	143	128	106
24	104	р.Повна-с.Губанівка	58,7	0,77	227	170	146	114
25	97	р.Сейм-с.Зуївка	64,1	0,56	187	149	132	110



## Продовження додатку А. 5

26	96	р.Сейм-с.Гуцино	42,8	0,74	158	119	103	82
27	109	р.Снова-с.Шурове	70,9	0,58	212	169	149	123
28	116	р.Свапа-с.Старе Місто	81,7	0,49	214	175	158	134
29	115	р.Свапа-с.Михайлівка	75,05	0,58	224	179	158	131
30	118	р.Чернь-с.Плоске	85,9	0,62	271	213	187	153
31	114	р.Свапа-с.Локтіонове	79,5	0,52	218	176	158	133
32	117	р.Усожа-м.Фатіж	71,3	0,51	193	157	140	118
33	88	р.Сев-с.Ново-Ямське	59,7	0,57	176	140	124	103
34	87	р.Неруса-с.Радогощ	73,5	0,65	242	188	165	134
35	69	р.Здвиж-с.Гавронщина	31,9	0,89	138	101	85	65
36	66	р.Гуйва-с.Піски	37,6	0,66	125	97	85	69
37	90	р.Судость-сmt.Погар	67,2	0,53	187	151	134	113
38	92	р.Рожок-с.Червоне	82,8	0,67	279	238	189	152

## Продовження додатку А. 5

39	91	р.Коста-с.Глазове	108,7	0,59	329	261	230	190
40	74	р.Десна-м.Брянськ	95,6	0,36	203	173	160	141
41	73	р.Десна-с.Голубея	105,9	0,38	232	197	181	159
42	71	р.Десна-с.Олександрівка	109,6	0,38	240	204	187	164
43	82	р.Ветьма-с.Круча	78,4	0,55	225	180	161	134
44	84	р.Болва-с.Псур	81,2	0,34	169	143	132	118
45	85	р.Снежень-м.Карачів	105,5	0,49	276	226	204	173

Додаток А. 6 - Розрахунок середньоквадратичної похибки витрат води 1%-ої ймовірності перевищення

№ з/п	№ з/п	Річка – пост	$Q_{1\%}, \text{м}^3/\text{с}$	n, років	$E\sigma$	$\sigma Q_{1\%}$
1	79	р.Десна-м.Чернігів	7585	127	1,21	10,7
2	95	р.Убедь-с.Кудрівка	186	55	1,18	15,9
3	121	р.Снов-с.Носівка	1127	56	1,19	15,9
4	77	р.Десна-с.Разльоти	2814	62	1,02	13,0
5	103	р.Сейм-с.Мутино	3618	85	1,24	13,4
6	119	р.Клевень-с.Шарповка	610	65	1,4	17,4
7	94	р.Головесняс.Пакошичи	36	78	1,3	14,7
8	122	р.Ревна-с.Залізний	158	20	1,45	32,4
9	93	р.Івотка-с.Івот	230	65	0,98	12,2
10	120	р.Єсмань –с.Ротовка	213	51	1,15	16,1
11	102	р.Сейм-г.Рильськ	3029	60	1,1	14,2

## Продовження додатку А. 6

12	101	р.Сейм-м.Льгов	2426	12	1,13	32,6
13	113	р.Прут-с.Ширкове	128	34	0,82	14,1
14	112	р.Реут-с.Любицька	423	39	1,08	17,3
15	111	лог.Райчик-с.Польова Лукашівка	11	17	1,16	28,1
16	100	р.Сейм-Глушково	2736	9	1,26	42,0
17	110	лог.Мересьє -х.Олексіївський	11	18	1,02	24,0
18	99	р.Сейм-с..Ришково	2321	67	1,21	14,8
19	98	р.Сейм-с.Лебязе	1221	40	1,02	16,1
20	108	р.Тускар-м.Курськ	918	68	1,02	12,4
21	107	р.Тускар-х.Вирки	1593	3	0,96	55,4
22	106	р.Тускар-с.Свобода	674	27	1,03	19,8
23	105	р.Рат-с.Бесєдіно	246	38	1,04	16,9
24	104	р.Повна-с.Губанівка	167	23	1,5	31,3

## Продовження додатку А. 6

25	97	р.Сейм-с.Зуївка	878	40	1,04	16,4
26	96	р.Сейм-с.Гущино	300	22	1,47	31,3
27	109	р.Снова-с.Шурове	288	28	0,86	16,3
28	116	р.Свапа-с.Старе Місто	1530	56	1,06	14,2
29	115	р.Свапа-с.Михайлівка	966	26	1	19,6
30	118	р.Чернь-с.Плоске	97	26	0,98	19,2
31	114	р.Свапа-с.Локтіонове	182	31	0,95	17,1
32	117	р.Усожа-м.Фатіж	158	38	0,98	15,9
33	88	р.Сев-с.Ново-Ямське	382	23	1,04	21,7
34	87	р.Нерусса-с.Радогощ	535	15	1,22	31,5
35	69	р.Здвиж-с.Гавронщина	250	34	1,38	23,7
36	66	р.Гуйва-с.Піски	160	16	1,04	26,0
37	90	р.Судость-сmt.Погар	1496	31	1,05	18,9

## Продовження додатку А. 6

38	92	р.Рожок-с.Червоне	63	21	1,18	25,7
39	91	р.Коста-с.Глазове	145	26	1,06	20,8
40	74	р.Десна-м.Брянськ	3138	75	1,01	11,7
41	73	р.Десна-с.Голубея	1328	38	1,02	16,5
42	71	р.Деснас.Олександрівка	714	36	0,86	14,3
43	82	р.Ветьма-с.Круча	403	29	1,17	21,7
44	84	р.Болва-с.Псурь	607	38	0,65	10,5
45	85	р.Снежень-м.Карачів	141	28	0,85	16,1
						$\sigma=20,7$