

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 річки
Сіверський Донець: розрахунки і прогнози

Виконала магістр 2-го року навчання
групи МГ-61
спеціальність 103 «Науки про Землю»
Костенко Олена Ігорівна

Керівник д-р геогр.наук, професор
Гопченко Євген Дмитрович

Консультант _____

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

“26” березня 2018 року

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

Костенко Олені Ігорівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Максимальний стік весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець: розрахунки і прогнози

Керівник роботи Гопченко Євген Дмитрович, д-р геогр.наук, проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «02.11.2017 року» № 321-С

2. Строк подання студентом роботи 01.06.2018

3. Вихідні дані до роботи:Багаторічні часові ряди спостережень за максимальним стоком та шарами стоку весняного водопілля (з початку спостережень по 2010 рік); дані оперативних гідрометеорологічних спостережень гідрометслужби України; дані Центральної геофізичної обсерваторії та Українського гідрометцентру по запасах води в сніговому покриві, атмосферних опадах, температурі повітря, глибинах промерзання ґрунтів, витратах і рівнях води в басейні р. Сіверський Донець.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Коротка фізико – географічна характеристика Сіверського Дінця; 2. Огляд науково-методичної бази для розрахунку характеристик максимального стоку весняного водопілля; 3. Обґрунтування нормативної бази для визначення розрахункових характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець; 4. Метод територіальних довгострокових прогнозів максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок; 5. Довгострокові прогнози характеристик весняного водопілля річки Сіверський Донець

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

Карто – схеми: географічного положення басейну р. Сіверський Донець, ґрунтового та рослинного покриву, розташування гідрологічних постів спостережень, розрахункових модулів схилового припливу весняного водопілля 1% забезпеченості, розподілу максимальних запасів води в сніговому покриві, розподілу глибин промерзання ґрунтів, розподілу по території очікуваних модульних коефіцієнтів весняного водопілля, розподілу по території очікуваних забезпеченостей у багаторічному розрізі $P\%$ весняного водопілля.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 березня 2018 року.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Фізико – географічна характеристика	16.03-01.04. 2018		
2	Огляд науково-методичної бази для розрахунку характеристик максимального стоку весняного водопілля	02.04 - 15. 04.2018		
3	Обґрунтування нормативної бази для визначення розрахункових характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець	16.04 – 29. 04. 2018		
4	Рубіжна атестація	30.04-06.05. 2018		
5	Метод територіальних довгострокових прогнозів максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок	07.05 - 13. 05. 2018		
5	Довгострокові прогнози характеристик весняного водопілля річки Сіверський Донець	14-20. 05. 2018		
6	Оформлення роботи, підготовка презентації, доповіді	21.05-01.06. 2018		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

Студент _____ Костенко О.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи _____ Гопченко Є.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота студентки гр. МГ-61 Костенко О.І. на тему «Максимальний стік весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець: розрахунки і прогнози»

Актуальність теми. Необхідність удосконалення науково – методичних підходів, пов'язаних з розрахунками характеристик максимального стоку та довгострокове прогнозування його характеристик є актуальною задачею, особливо для невивчених річок.

Мета і завдання досліджень полягають в обґрунтуванні методики для розрахунку характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець та використання методу територіальних довгострокових прогнозів шарів стоку і максимальних витрат води весняного водопілля в басейні Сіверського Дінця.

Об'єкт і предмет дослідження. Природні умови формування, розрахунок і прогнозування характеристик стоку в період весняного водопілля на річці Сіверський Донець.

Методи дослідження. Використано математичну статистику, географічне узагальнення розрахункових характеристик, які передбачені розрахунковою методикою максимального стоку весняного водопілля; практичне застосування методу територіального довгострокового прогнозування шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля на основі встановлення типу весни, дискримінантний аналіз, просторове узагальнення інформації.

Теоретичне та практичне значення. За схемою, викладеною в роботі, можливо розрахувати максимальний стік весняного водопілля; картографічна форма представлення розрахункових характеристик (максимальних шарів стоку весняного водопілля, коефіцієнту схилової трансформації); прогнозування весняних водопіль при недостатній кількості або відсутності гідрологічних спостережень; картографічна форма представлення прогностичних величин шарів стоку і максимальних витрат води весняного водопілля (у вигляді модульних коефіцієнтів) та їх забезпеченості (%); використовувалися науково-методичні засади та практичне застосування методу територіального довгострокового прогнозування шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля на основі встановлення типу весни для весняного водопілля 2017-2018 р.

Наукова новизна. Вперше на єдиній науково-методичній базі обґрунтовано комплексну тему в області розрахунку і довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля річок.

Кількість сторінок – 150

Кількість рисунків – 18

Кількість таблиць – 21

Кількість використаної літератури – 21

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВЕСНЯНЕ ВОДОПІЛЛЯ, ВИТРАТА ВОДИ, ШАРИ СТОКУ

SUMMARY

Master's Qualification Thesis of the student of Group МГ-61 Kostenko O.I. entitled «Maximum Runoff during Spring Floods in the Siverskyi Donets River Basin: Calculations and Forecasts»

Relevance of the Topic. The necessity of improvement of scientific and methodical approaches, connected with calculations of characteristics of maximum runoff as well as long-term forecasting of its characteristics are the important tasks, especially for unexplored rivers.

The aim of the Study is defining the calculation method for calculation of maximum runoff of spring floods into the basin of the River of Siverskyi Donets and the usage of the method of the area-based long-term forecasts of flow layers and maximum discharge of spring floods in the basin of the River of Siverskyi Donets.

The Object of the Study. Natural conditions of formation, calculation and forecasting of the characteristics of the run-off in the period of spring floods on the River of Siverskyi Donets.

Methods of Investigation. The following methods were used in the study: mathematical statistics, geographical synthesis of calculation characteristics provided or by calculation methodology of the maximum runoff of spring floods, practical use of the method of area-based long-term forecasting of flow layers and of maximum discharge of spring floods water based on spring type, discriminant analysis, spatial synthesis of information.

Theoretical and Practical Meaning. According to the scheme, set out in the study, it is possible to calculate maximum runoff of spring floods; cartographic form of presentation of calculation characteristics (maximum layers of spring floods flow, steep transformation ratio); forecasting of spring floods within sufficient numbers or absence of hydrological observations; cartographic form of presentation of forecasting values of flow layers and maximum discharge of water of spring floods (in form of module ratios) and of their availability (%); scientific and methodical principles were used as well as the practical use of the method of area-based long-term forecasting of runoff layers and maximum discharge of spring floods water based on spring type determination for spring floods of the years of 2017 and 2018.

Output Data. Multi-year and operational materials of observations of Hydrometeorological Service of Ukraine, data received by Central Geophysical Observatory and Ukrainian Hydrometeorological Centre by using Automated System ARMgidro (waterst or age in snow cover, rainfall, air temperature, depth of ground freezing, discharge and water levels in rivers.

Number of pages – 150

Number of drawings – 18

Number of tables – 21

Number of used literature – 21

KEYWORDS: SPRING FLOODS, WATER DISCHARGE, RUNOFF LAYERS

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Коротка фізико – географічна характеристика Сіверського Дінця.....	8
1.1 Географічне положення та рельєф.....	8
1.2 Ґрунти та рослинність.....	11
1.3 Коротка кліматична характеристика.....	17
1.4 Гідрологічна вивченість та особливості режиму стоку річок.....	21
2 Огляд науково-методичної бази для розрахунку характеристик максимального стоку весняного водопілля.....	28
2.1 Методи, засновані на геометричних моделях гідрографів водопілля.....	28
2.2 Редукційні і об’ємні формули.....	39
2.3 Методи, засновані на теорії руслових ізохрон.....	47
2.4 Нормативні документи.....	54
2.5 Методика, що пропонується для нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Сіверський донець.....	56
3 Обґрунтування нормативної бази для визначення розрахункових характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець.....	58
3.1 Статистичний аналіз часових рядів максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець.....	58
3.2 Визначення параметрів розрахункової методики максимальних витрат в басейні р. Сіверський Донець.....	60
3.3 Перевірочні розрахунки за методикою, що пропонується для визначення максимальних модулів стоку весняного водопілля.....	63
4 Метод територіальних довгострокових прогнозів максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок.....	65

4.1	Методи прогнозів шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля.....	65
4.2	Методика визначення забезпеченості прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля.....	69
4.3	Картографічна форма представлення прогнозів.....	70
4.4	Визначення чинників весняного водопілля.....	71
5	Довгострокові прогнози характеристик весняного водопілля річки Сіверський Донець.....	80
5.1	Схема довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля.....	80
5.2	Схема довгострокового прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля.....	104
	Висновки.....	127
	Список використаної літератури.....	129
	Додатки.....	131

ВСТУП

Актуальність теми пов'язана з необхідністю удосконалення науково – методичних підходів, пов'язаних з розрахунками та прогнозуванням характеристик максимального стоку в басейні річки Сіверський Донець у період весняного водопілля, насамперед для річок недостатньо вивчених в гідрологічному розумінні.

Мета і завдання досліджень полягають в реалізації методик для розрахунку та прогнозу характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець.

Об'єкт і предмет дослідження. Природні умови формування, розрахунок і прогнозування характеристик стоку в період весняного водопілля на річці Сіверський Донець.

Методи дослідження. Використано математичну статистику, дискримінантний аналіз, просторове узагальнення інформації.

Теоретичне та практичне значення. За схемою, представленою в роботі, можливо розрахунок та прогнозування характеристик весняних водопіль при недостатній кількості або відсутності гідрологічних спостережень.

Наукова новизна. Вперше на єдиній науково-методичній базі обгрунтовано комплексну тему в області розрахунку і довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля річок.

Апробація результатів роботи. Основні результати досліджень, які є складовою магістерської роботи, представлялись на наукових конференціях молодих вчених ОДЕКУ (м. Одеса, 2014-2018 рр.), V Міжнародній конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (м. Харків 29-30 листопада 2017 р.), III Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» (ОДЕКУ, 21-23 березня 2018р.).

Результати кваліфікаційної роботи входять до розділів кафедральної наукової тематики кафедри гідрології суші ОДЕКУ «Розрахункові характеристики гідрологічногорежиму річок України» (2016-2017рр. №ДР 0113U005797).

1 КОРОТКА ФІЗИКО – ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

1.1 Географічне положення та рельєф

Басейн р. Сіверський Донець знаходиться в межах східної частини України, але частково охоплює і прилеглу частину території Росії. Сіверський Донець бере свій початок біля села Подольхи в Прохоровському районі Белгородської області Росії. Карта географічного положення р. Сіверський Донець представлена на рис. 1.1. Сіверський Донець — найбільша річка східної України і найбільша притока Дону. Річка є джерелом прісної води на сході нашої держави. Загальна протяжність річки становить 1053 км, площа басейну 98 900 км², середньорічна витрата при впадінні в Дон 200 м³/с. Координати джерела 51°00' пн. ш. 36°59' сх. д., висота джерела біля 200 м над рівнем моря. Понад тисяча з них безпосередньо впадає в Сіверський Донець. Сіверський Донець і його найбільш крупні лівобережні притоки (річки Нежеголь, Вовча, Оскіл, Червона, Айдар, Деркул, Калитва) беруть початок на південно-західних і східних схилах Середньоруської височини. Менш значні праві притоки (річки Сухий Торець, Казенний Торець, Лугань, Кам'янка, Кундрюча) стікають з західних, північних і східних схилів Донецького кряжу. Фізико-географічну характеристику розглядуваної території здійснено за літературою[1-5].

Абсолютні відмітки русла Сіверського Дінця в межах України змінюються від 100 до 30 м. Басейн знаходиться у межах геоморфологічних областей:

1. Структурно-денудаційної рівнини південного і південно - західного схилів Середньоруської височини.

2. Структурно-денудаційної області Донецького кряжу.

До першої області відносяться південно-західний та південний схили Воронежського кристалічного масиву, Переддонецького прогину і зона

зчленування Дніпровсько - Донецької западини з північно-західними окраїнами Донбасу, включаючи прилеглу до неї Кальміус – Торецьку і Бахмутську котловини. В межах кожної з тектонічних зон відокремлюються структурні елементи більш меншого порядку (брахиантиклиналі, мульди, розломи і т.і.), вплив яких на розвиток рельєфу є дуже суттєвим.



Рис.1.1 – Карта географічного положення басейну р. Сіверський Донець

Субстратом структурно-денудаційної рівнини є піщано-глиниста товща палеоген-неогенових відкладень, які знаходяться переважно на крейдових мергелях і юрських глинах. Лінія регіонального тектонічного розлому Печеніги - Куп'янськ – Сватово - Милероно є границею різкого занурення до південних крейдових порід під палеогенових, потужність яких збільшується

до 100-150 м. На південь від цієї границі крейдові відкладення розкриваються лише у піднесеній частині північного схилу Донбасу, а за його межами - на ділянках розвитку брахiantиклінальних солянокупольних структур. Відмічені вище особливості структурно-тектонічного плану і характер геологічної будови обумовили направленість розвитку рельєфу і стали визначальними у розповсюдженні основних його типів на загальному фоні структурно-денудаційної рівнини.

Скульптурний рельєф району, розташований до півночі від указанного тектонічного уступу, де крейдові породи порівняльно високо піднесені і розкриваються ерозією, характеризується інтенсивно розчленованими глибокими яругами і долинами. Акумулятивний рельєф пристосований в основному до річкових терас. Річка Сіверський Донець має асиметричну долину з комплексом акумулятивних терас, які простягаються вздовж виположеного лівого схилу. На широті м.Зміїв ширина долини досягає 60 км, звичайно вона біля 18-20 км, на окремих ділянках вона звужується до 4-6 км.

Заплавна тераса Сіверського Донця біля м.Зміїв має ширину до 3 км і відрізняється рівною, місцями заболоченою поверхнею з численними старицями. До заплави примикає перша надзаплавна (піщана) тераса. Поверхня тераси в прирусловій частині представляє собою накопичення піщаних пагорбів, між якими розташовані озера і заболочені ділянки. Ширина піщаної рівнини складає 14-16 км.

Донецький кряж, як структурно-денудаційна геоморфологічна область, обмежений на півночі долиною Сіверського Дінця, його північно-західна границя проходить по р.Казенний Торець, південно-східна границя знаходиться між долинами річок Бистра і Сіверський Донець (Гребенні гори, які є вододілом між р.Сіверський Донець і р.Кундрюча), західна границя проходить по крайніх західних виходах порід кам'яновугільного віку від гирла р.Бик до крайніх північних оголень кристалічних порід Приазовського кристалічного масиву в долині р.Кашгалач біля с.Никольське. Головний вододіл, відповідаючий південному крилу Головної антикліналі Донбасу,

розділяє праві притоки Сіверського Дінця і річок, які течуть до півдня і впадають в Азовське море або у р.Дон. В рельєфі Донецького кряжу відокремлюється ще один вододіл – між річками Кальміус, Грінка, Торець і Вовча, який у північно-східній частині, біля с.Микитівка, примикає до головного вододілу, а на півдні переходить у Приазовську височину. План гідрографічної мережі визначається в першу чергу геологічною структурою. Більшість річкових долин Донецького кряжу мають заплаву і дві надзаплавні тераси, які, звичайно, виражені в рельєфі недостатньо чітко. Заплавна тераса має незначну ширину, що зв'язано зі значною глибиною врізу русла. На її поверхні часто спостерігається неправильної форми накопичення піску, вона прорізається численними старицями, місцями заболочена. Друга тераса донецьких річок виділяється тільки на окремих ділянках річкових долин, має ширину не більше 1-1,5 км, частіше - менш 100 м, складена суглинистим і галечним матеріалом, хоча зустрічається й її ерозійний варіант.

1.2 Ґрунти та рослинність

Басейн Сіверського Дінця підрозділяється на три суттєво різні частини: верхню (північну) - лісостепову; середню правобережну кряжеву (Донбас) і середню лівобережну (задонецьку), які наведені на рис.1.2. Північна частина басейну простирається від верхів'я до гирла р.Оскіл і далі на захід, приблизно до гирла р.Берестова. Це типово лісостепова найбільш зволожена частина басейну, яка відноситься до північно - східного схилу Дніпровсько-Донецької геологічної структури - западині і лише частково до її найбільш глибокої вісьової зони. В межах району корінні породи в ґрунтоутворенні суттєвої ролі не відіграють.

Монотонність лесового покриву порушується виходами до четвертинних порід лише на дуже еродованих схилах, а також алювіальними відкладеннями в заплавах і на борових піщаних терасах майже обов'язково супроводжують течію всіх більш або менш крупних річок (Сіверського Дінця

і його приток Лопань, Уда, Мож, Оскіл та інших). Все ж на території домінують лесові породи, що є однією з причин майже всезагальної високої природної родючості переважаючої більшості місцевих ґрунтів.

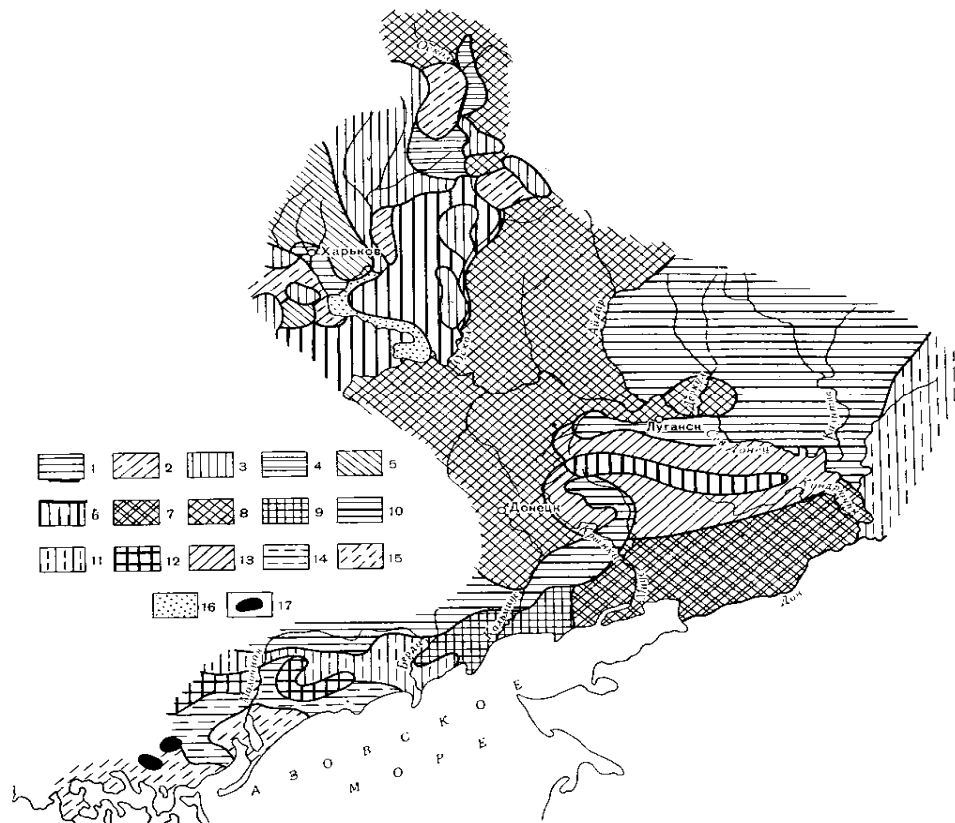


Рис.1.2 Ґрунти басейну Сіверського Донця і Приазов'я.

1 - сірі опідзолені ґрунти; 2 - темно-сірі опідзолені ґрунти ; 3 - чорноземи опідзолені; 4 - чорноземи міцні середньо гумусні вилужені; 5- чорноземи міцні середньо гумусні; 6 - чорноземи звичайні міцні середньо гумусні; 7- чорноземи звичайні міцні мало гумусні; 8 - чорноземи звичайні середньо гумусні; 9 - чорноземи звичайні мало гумусні; 10 - чорноземи звичайні маломіцні мало гумусні; 11- чорноземні південні; 12 - чорноземи південні слабо солонцюваті; 13 - чорноземи на щільних породах; 14 - темно-

каштанові слабо солонцюваті ґрунти; 15 - каштанові ґрунти; 16 - дернові і дерново - підзолисті піщані ґрунти; 17 - осолоділі ґрунти подів.

Ґрунтовий покрив північної частини басейну доволі складний і строкатий. Він представлений безліччю (біля 200) ґрунтових видів, достатньо чітко індивідуалізованих в генетичному й агрономічному відношеннях.

Найбільші площі представлені типовими чорноземами. Друге місце належить опідзоленим ґрунтам. Вони або вкраплені більш, або менш крупними плямами в основний чорноземний фон, або, що частіше, розташовані суцільними смугами вздовж високих дуже еродованих схилів річок, маркіруючи собою тепер існуючі лісові масиви, або ареали їх розповсюдження в минулому. В генетичному і агрономічному відношеннях вони чітко підрозділяються на дві помітно різні групи: 1) слабо опідзолені ґрунти і 2) дуже опідзолені.

Сірі і світло-сірі ґрунти в басейні розповсюджені мало. Займають вони звичайно невеликі ділянки і при цьому переважно на найбільш еродованих територіях, які в минулому були зайняті корінними дібровними лісами.

Донецький кряжовий район представляє собою залишок знесеної дощенту давньої гірської країни. Він має вигляд височини, витягнутої з північного заходу на південний схід вздовж складаючих його складчастих структур.

Більша частина району вкрита лесовими ґрунтоутворюючими породами, товща яких дуже варіює в залежності від ступеня еродованості місцевості. На дуже еродованих схилах лес часто змитий і утворює корінні породи - палеогенові піски, червоно - бурі глини, елювій крейдових мергелів, а на багатьох ділянках також і елювій карбонових піщаників, сланців і рідше вапняків. На схилах Донецького кряжу найбільш часто зустрічається елювій сланців, нерідко дуже строкатий за складом і потужністю. В заплавах Сіверського Дінця і річок правобережної частини його басейну, які беруть

початок на схилах Донецького кряжу, розповсюджені лугові потужні ґрунти і чорноземи на алювіально - делювіальних відкладеннях.

В межах крейдяного плато заплавні ділянки з відміченими ґрунтами найбільш численні.

Задонецькі степи розташовані на численних просторах лівобережжя Сіверського Дінця між долинами р.Оскіл на заході і р.Дон - на сході. Ці степові рівнини слабко нахилені до півдня і особливо до південного заходу в сторону долини Сіверського Дінця. Їх північна частина представляє собою корінне плато Середньоруської височини, центральна і північна частини – області розвитку пліоценових і четвертинних терас Сіверського Дінця і його лівобережних приток. Найбільш розповсюдженими ґрунтоутворюючими породами в даному районі є леси і лесовидні пілуваті, переважно важкі суглинки, в долинах річок - піски і супіски та частково (на схилах) червоно-бурі глини, крейдові, а також крейдово - мергельні породи. Леси і лесовидні суглинки вкривають всю територію Задонецького степу, за виключенням заплави і першої тераси. На вододілах плато між річками Оскіл і Айдар господарюють чорноземи звичайні середньо гумусні важко суглинисті або легко суглинисті. Вони характеризуються достатньо потужним гумусованим профілем. Далі на південний схід, в міжріччі річок Айдар - Бистра, у зв'язку зі збільшенням ксеротермічності клімату описані вище чорноземи помітно змінюються і відносяться до чорноземів звичайних мало гумусних. Переважають добре гумусовані суглинисті і глинисті лугові і чорноземні - лугові ґрунти з 5-7 % гумусу і достатньо потужним гумусованим профілем. Лугово - болотні і болотні ґрунти також переважно засолені і солонцюваті, займають значно менші площі.

Рослинність. Вся територія басейну Сіверського Дінця розташована в двох зонах – лісостеповій і степовій. Границя між ними проходить (з заходу на схід) по лінії Старовирівка, на південь від міст Зміїв - Балаклія - Куп'янськ і на північ долиною р.Оскіл, а далі повертає на м.Валуйки і Олексіївка. В лісостеповій зоні розташована частково середня частина басейну Сіверського

Дінця з його численними притоками, головною з яких є р.Оскіл. За рослинним і ґрунтовим покривом відокремлюються два геоботанічних округи [1]. Карта рослинності представлена на рис. 1.3.

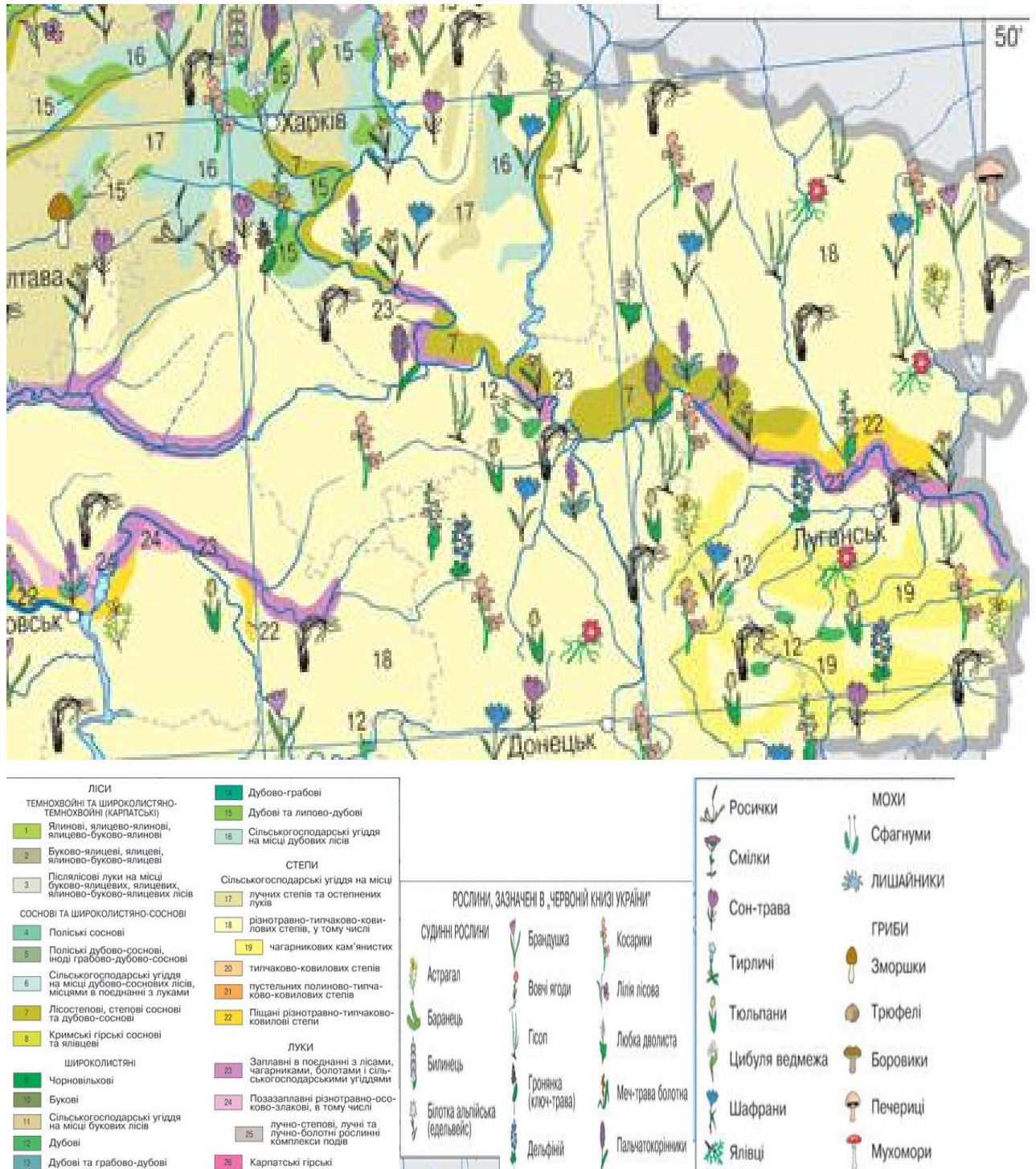


Рисунок 1.3- Карта рослинності в басейні річки Сіверський Донець

Харківсько - Білгородський округ в недалекому минулому був значно облісений і на вододілах чередувались діброви і лугові дерновинні - різнотрав'яні степи. Значні площі широколистяних лісів збереглися на

підвищених ділянках правобережжя Сіверського Дінця і його приток річок Уда, Лопань, Харків і інших. Вони зустрічаються невеликими ділянками і на вододільних плато. Переважають клено - липово - дубові ліси, які представлені головним чином групою асоціацій клено - липово - дубової з осокою кореневищної. Трав'янистий ярус в цих лісах гарно розвинутий і становить 35 - 40 % покриття.

Лугова рослинність розповсюджена на заплавах річок Сіверського Дінця і його приток річок - Уда, Мож, Мерла та інших. Найбільш розповсюджені луки з переважанням осоки, рути болотної і осоки узбережної. Заболоченість цього округу незначна.

Оскільський округ лугових степів, дубових лісів і рослинності крейдових обнажень розташований східніше описаного вище округу і займає верхню половину басейну р.Оскіл. Характерним для цього округу є розвиток специфічних угруповань на крейдових схилах. На степових ділянках до їх розорання були перистоковильні – типчаково - різнотрав'яні угруповання.

Лівобережно - Придонецький (Старобельський) округ різнотрав'яно - типчаково - ковильних степів, байрачних лісів і рослинності крейдових обнажень займає все лівобережжя Сіверського Дінця від р.Оскіл до східної границі його басейну і повністю включається до степової зони. Характерною особливістю цього округу є надлишок дубових байрачних лісів, які частково виходять на вододіли, надлишок крейдових обнажень зі специфічною кальцефільною рослинністю . По піщаних терасах річок розповсюджені псамофітні варіанти різнотрав'яно - типчаково - ковильних степів, слабо зарослі піски і соснові ліси по річках Сіверський Донець і Айдар. Округ Донецького кряжу різнотрав'яно - типчаково - ковильних петрофільних степів, лугових степів, байрачних перелісків і рослинності кам'янистих обнажень займає височина Донецького кряжу з її периферичними рівнинними степовими просторами. У зв'язку з дуже розчленованим рельєфом на кряжі інтенсивно проходять процеси водної ерозії і утворення густої яружної мережі. На території кряжу зустрічаються широколистяні ліси

байрачного типу, які розташовані по балках і долинах річок, а в найбільш високих місцях виходять на вододіли. До них відноситься вкрите лісами, еродоване балками плато між м.Ізюм і м.Слов'янськ по правобережжю Сіверського Дінця, плато, балки, яри по правобережжю річок Бахмутка, Берека, Казенний Торець, Лугань, Велика Кам'янка.

1.3 Коротка кліматична характеристика

За своїм географічним положенням район знаходиться під дією повітряних мас, які прийшли з Атлантики, Арктичного басейну або сформувались над континентальними територіями Євразії. Кліматичну характеристику розглядуваної території здійснено за літературою[1-5].

В холодний період року переважаюча роль і вплив циркуляційного і радіаційного факторів зменшується внаслідок відносно невеликої висоти сонця над горизонтом, невеликої тривалості дня, значної хмарності. Перехід до холодного періоду зв'язаний з початком вторгнень арктичного повітря, яке обумовлює різкі і значні похолодання, перші морози і сніг. Особливістю зими є часті ожеледі, які викликані переміщенням на Україну циклонічних утворень з Атлантики, Середземного і Чорного морів. Найбільш інтенсивні ожеледі, значні опади, завірюхи спостерігаються при виході на Україну південних і південно - західних циклонів. В більшості випадків в цей час на півдні майже повністю сходить сніговий покрив, в північних районах він тане і ущільнюється. Температура повітря підвищується. Проходження західних і північно - західних циклонів і улоговин також супроводжується короткочасними потепліннями, інтенсивними снігопадами, потужними вітрами і завірюхами. Зв'язані з ними опади випадають головним чином в північній частині території.

В теплий період року підвищується роль радіаційного фактору і впливу підстиляючої поверхні землі. Циркуляція слабшає по мірі зменшення температурних контрастів між морем і сушею. За умовами циркуляції

початок теплого періоду зв'язано з послабленням північно - східних і східних дій. Весною вони обумовлюють повертання холодів, при яких спостерігаються різкі похолодання і заморозки. Літом безпосередні вторгнення арктичного повітря майже повністю припиняються.

Атмосферні процеси теплого періоду року характеризуються підсиленням азорським антициклоном. Його відроги і окремі ядра, які відокремились від азорського антициклону, розповсюджуються до сходу, впливають на територію. Атлантичне повітря, яке потрапляє по шляху над Західною Європою і Україною трансформується і приходить вже значно прогрітим і сухим. Тому влітку над територією переважає антициклональна погода з більшою кількістю ясних і сонячних днів. Це сприяє подальшій трансформації і прогріву повітря. В південних районах виникають суховії і пилові бурі. В розмитих і малорухомих областях підвищеного і пониженого тиску розвивається термічна конвенція, активізується грозова діяльність. Основні опади випадають з фронтальних розділів, зв'язаних з циклонами і улоговинами, які переміщуються, як і в холодний період, з заходу. Вони викликають зливові опади і пониження температури, переважно в північних районах. За багатолітніми даними літні процеси продовжуються до середини серпня. Після чого вплив азорського антициклону і його відрогів слабшає і починають підсилюватись затоки холодного арктичного повітря.

Розташовані на території височини суттєво впливають на кліматичні умови. З підвищенням висоти місцевості понижується температура повітря, збільшується повторюваність крапельно - рідких опадів і туману, збільшується швидкість вітру. Характер рельєфу і наявність глибоких річкових долин впливає і на напрямок вітру. В цьому відношенні особливо відрізняється Донецький кряж, в меншій ступені проявляється вплив Приазовської і відрогів Середньоруської височин.

Температура повітря. Температурний режим басейну Сіверського Донця нестійкий. Різниця між середніми багатолітніми температурами в північних і південних районах території досягає більше 5°C .

В холодний період року район знаходиться під переважною дією відрогів малорухомих антициклонів, які займають південно – східну частину Європейської території. Періоди морозної погоди часто змінюються тривалими ожеледями, обумовленими виходом на Україну південних або південно – західних циклонів. Під час ожеледей температура повітря піднімається до 0°C і вище, часто майже повністю сходять сніговий покрив. Найхолодніший місяць року – січень. Середні місячні температури на півночі району у січні $-8,0, -9,0^{\circ}\text{C}$. В центральній частині вони підвищуються до $-6,0, -7,0^{\circ}\text{C}$. Мінімальні температури спостерігаються в центральній частині району. Абсолютні мінімуми досягають $-38,0, -42,0^{\circ}\text{C}$. До півночі від цього району вони змінюються до $-36,0, -37,0^{\circ}\text{C}$, до півдня – до $-30,0, -35,0^{\circ}\text{C}$. Починаючи з січня, спостерігається спочатку незначне, а у квітні – травні більш суттєве підвищення температури. Інтенсивний ріст температури виникає від березня до квітня і досягає на більшості території $9 - 10^{\circ}\text{C}$ за місяць.

У теплий період року циркуляція послаблена. Температурний режим формується головним чином за рахунок прогріву повітря в розмитих областях підвищеного та пониженого тиску, тому він більш стійкий, у порівнянні з холодним періодом. Циклони й улоговини, які приходять з північного заходу (з Атлантики), викликають пониження температури у північній частині басейну Сіверського Дінця. Абсолютні максимуми коливаються по всіх басейнах в межах від $36,0 - 43,0^{\circ}\text{C}$. Середня багатолітня річна температура складає $5,0-6,0^{\circ}$ на півночі і $9,0-10,0^{\circ}\text{C}$ - на півдні. За останніми даними, отриманими Міжурядовою Групою Експертів зі зміни клімату, за умов ігнорування антропогенного підсилення парникового ефекту до 2100 року очікується підвищення середньої температури повітря на $1,4 - 5,8^{\circ}\text{C}$.

Опади. Атмосферні опади відіграють суттєву роль у гідрологічному режимі річок. Опадам властива велика мінливість за часом і площею. На розподіл річних сум опадів у просторі впливають циркуляційні особливості і

рельєф місцевості. На півночі басейну в районі відрогів Середньоруської височини річна сума опадів перевищує 500 мм. В багатоводні роки тут випадає до 750 мм опадів. Максимум опадів спостерігається у червні або липні (60-70 мм), мінімум – в у лютому або березні. У напрямку на південний схід кількість опадів зменшується. В середній і нижній частинах лівобережжя Сіверського Дінця випадає за рік 450 мм опадів і менше. Річний максимум опадів спостерігається у червні (50-60 мм) , мінімум – у вересні. Річна амплітуда знаходиться у межах 25 мм. Між періодами випадіння опадів у теплу частину року в басейні Сіверського Дінця нерідко спостерігаються тривалі періоди без дощів. Вони є основною причиною посушливих явищ. В басейні Сіверського Дінця за теплий сезон (квітень - жовтень) спостерігається в середньому п'ять бездощових періодів тривалістю 10 днів і більше. Число бездощових періодів буває більше 20 днів. У тому ж напрямку збільшується середнє число бездощових періодів, які тривають більше 30 днів. В басейні Сіверського Дінця їх буває 5-6 у десятиріччя. Бездощові періоди тривалістю 40 днів і спостерігаються в середньому 2-4 рази у десятиріччя.

Сніговий покрив. Сіверський Донець і його притоки основне живлення отримують за рахунок весняного сніготанення. Тому при вивченні процесів формування весняного стоку представляє особливу зацікавленість характеристика снігового покриву в кінці зими і в період сніготанення. По території басейну Сіверського Дінця сніговий покрив розподіляється нерівномірно. Найбільша тривалість періоду з сніговим покривом і висота снігу спостерігаються у північній частині території. До півдня число днів зі снігом і його висота зменшуються. . А у зими 1951 -1952 , 1954-1955 рр. відмічено більше 35 днів з температурою повітря 3 - 4⁰С тепла. У південних районах зимою максимальна температура може підніматись до 16 - 18⁰С. Уже з середини лютого в південних областях починається швидке руйнування стійкого снігового покриву і його танення. В верхів'ях басейну

цей процес запізнюється на місяць і більше, починаючись в кінці березня - перших числах квітня.

До початку сніготанення накопичується найбільші запаси води у снізі. На півночі території, де спостерігається найбільша висота снігового покриву, запаси води в снігах максимальні. Середні з максимальних запасів досягають 80-90 мм, в окремі роки навіть 120 - 160 мм. В центральній частині району середні запаси води в снізі знижуються до 40-50 мм з коливанням від 30 до 85 мм. У південних областях запаси води в снізі зовсім невеликі через нестійкість снігового покриву і невеликої величини снігу.

Промерзання ґрунтів. Промерзання і відтанення ґрунтів головним чином залежать від трьох факторів: температури повітря, характеру залягання снігового покриву і осінньо-зимового зволоження ґрунтів. Чим вологіше ґрунт, тим менше глибина промерзання при інших рівних умовах. Середні глибини промерзання в басейні р.Сіверський Донець коливаються в межах 30-75 см. Промерзання глибше 60 см спостерігалось лише на північ від м.Куп'янськ, у лісостеповій зоні. На більшій же частині басейну, розташованого на північ від степової зони, середні глибини промерзання складають 48-52 см. В незначній частині басейну, на південь степів, промерзання ґрунтів коливається в межах 29-43 см. Таким чином, середні глибини промерзання зменшуються до півдня.

Найбільші глибини промерзання (80-120 см) можливі в будь-якій частині басейну Сіверського Дінця. Найменші глибини промерзання в залежності від місцевих особливостей коливаються для лісостепової частині басейну в межах 15-50 см, для степових районів вони зменшуються до 10-25 см. Найбільше число днів зі стійким промерзанням ґрунтів коливається по території басейну у межах 100-150 днів, причому значення вище 120 днів відмічаються тільки у Харківській області.

1.4 Гідрологічна вивченість та особливості режиму стоку річок

Таблиця 1.1 - Список гідрологічних постів в басейні р. Сіверський Донець

№ п/п	Річка-пост	F, км ²	Y ₁ %, мм	□°п.ш.	fл, %	fб, %	fо, %	fр, %	L, км	I,% середньозв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	740	148		5	<1	<1	70	36	1,4
2	р. Сіверський Донець- Дальні піски	1700	129		8	1	<1	70	65	0,8
3	р. Сіверський Донець - с. Огірцеве	5440	121	50,7	11	<1	<1	60	104	0,4
4	р. Сіверський Донець -м. Чугуїв	10300	143	50,38	10	<1	<1	-	214	0,2
5	р. Сіверський Донець - см. Зміїв	16600	137	50,32	12	<1	<1	-	258	0,2
6	р. Сіверський Донець - с.Протопопівка	19400	75	50,16	11	<1	<1	-	407	0,2
7	р. Сіверський Донець - м.Ізюм	22600	105	49,97	11	<1	<1	-	457	0,2
8	р.Сіверський Донець - с.Яремівка	38300	94,8	49,97	10	<1	<1	-	486	0,2
9	р. Сіверський Донець - с.Стародубівка	44400	96,4	49,61	10	<1	<1	-	550	0,1
10	р. Сіверський Донець - м.Лисичанськ	52400	113	49,61	10	<1	<1	-	627	0,1
11	р. Сіверський Донець - смт. Станично-Луганське	66800	111	49,61	9	<1	<1	-	764	0,1
12	р. Сіверський Донець - с.Кружилівка	73200	83	49,61	9	<1	<1	-	803	0,1
13	р. Болховець - м. Білгород	394	162		7	<1	<1	60	25	1,7
14	р. Нежеголь – с. В. Троїцьке	274	150		5	0	<1	60	16	2
15	р. Нежеголь – м. Щебекіно	2070	170		10	1	<1	60	64	0,5
16	р. Короча – м. Короча	378	195		4	1	<1	70	37	1,7
17	р.Вовча - м.Вовчанськ	1330	150	50,36	3	0	<1	60	81	0,6
18	р.Хотімля - с.Гарашківка	245	143	50,09	1	2	<1	85	37	1,6
19	р. Велика Бабка – с. Пятницька	325	134		32	<1	<1	55	33	1,5

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	р. Уди - смт Пересічна	905	132	50,26	9	<1	<1	70	88	0,8
21	р. Уди - смт Безлюдівка	3300	122	50,19	10	<1	<1	-	124	0,6
22	р.Лопань - смт Козача Лопань	189	146		5	0	<1	60	30	1,5
23	р. Харків - с.Циркуни	890	155	50,23	11	<1	<1	55	52	1
24	р. Бритаї - с.Тихопілля	1020	93	49,06	1	<1	<1	70	58	0,8
25	р. Оскіл - м. Старий Оскіл	1540	183		5	<1	<1	70	74	0,8
26	р. Оскіл - с. Ніновка	6270	149		7	1	<1	70	156	0,5
27	р. Оскіл - р.п. Раздольє	8640	143		9	1	<1	70	253	0,3
28	р. Оскіл - м.Куп'янськ	12700	143	50,37	8	<1	<1	-	342	0,2
29	р. Осколець - м. Старий Оскіл	492	135		5	1	<1	70	43	1
30	р. Халань - с Руська Халань	242	140		15	0	0	65	27	1,3
31	р. Валуй - м. Валуйки	1290	201		15	1	<1	65	64	0,9
32	р. Казенний Торець - смт Райське	936	82	48,39	2	0	<1	60	61	1,4
33	р. Кривий Торець - смт Олексієво-Дружківка	1530	71	48,35	3	0	<1	-	79	0,9
34	р. Сухий Торець - смт Черкаське	1310	105	48,85	4	<1	<1	55	75	0,8
35	р. Бахмут - м.Артемівськ	433	63	48,48	7	0	<1	70	36	3,2
36	р. Бахмут - м.Сіверськ	1560	89	48,6	5	0	<1	55	75	1,2
37	р. Мокра Плотва - м.Карло-Лібкнехтівськ	400	147	48,62	2	0	<1	80	27	5
38	р. Жеребець - с.Торське	857	118	49,23	3	<1	<1	60	72	0,9
39	р. Красна - с.Червонопопівка	2540	121	49,47	4	<1	<1	60	106	0,5
40	р. Борова - с. Воїводівка	1930	158	49,21	7	0	<1	60	76	0,8

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
41	р. Айдар - смт Білолуцьк	2250	167	50,01	2	<1	<1	55	81	0,5
42	р. Айдар - с.Бахмутівка	7160	128	49,6	3	<1	<1	-	227	0,2
43	р. Айдар - с.Новоселівка	6370	132		3	<1	<1	-	157	0,2
44	р. Євсуг - смт Петрівка	784	119	49,06	2	0	<1	80	72	1
45	р. Лугань - с-ще Калинове	751	91	48,46	2	0	1	80	66	1,3
46	р. Лугань - м.Зимогір'я	1820	83	48,52	4	<1	<1	80	136	0,7
47	р. Лугань - м.Луганськ	3510	77	48,47	4	<1	<1	-	181	0,7
48	р. Ломоватка – ст. Алмазна	31	119	48,47	5	0	<1	80	5,5	11
49	р. Вільхова - м.Луганськ	814	84	48,39	5	0	<1	50	82	1,8
50	р. Луганчик – с. Новосвітловка	558	64	48,35	<1	0	<1	60	69	3
51	р. Деркул - смт Біловодськ	1380	105	49,4	3	<1	<1	70	50	1,5
52	р. Деркул - х.Юганів	5090	292	49,15	3	<1	<1	-	147	0,6

Таблиця 1.2 – Розподіл постів за тривалістю спостережень у басейні р. Сіверський Донець

Басейн	Кількість років спостережень					Всього
	□10	10-15	16-20	21-50	□50	
1	2	3	4	5	6	7
р. Сіверський Донець	0	1	3	30	18	52

Таблиця 1.3 – Розподіл постів за величиною площі водозбору басейну р. Сіверський Донець

Басейн	Площа, км ²					Всього
	□500	500-2000	2001-5000	5001-10000	>10000	
1	2	3	4	5	6	7
р. Сіверський Донець	11	20	5	6	10	52

Водний режим річок визначається кліматичними, гідрологічними, орографічними і гідрографічними особливостями басейну і характеризується достатньо вираженим весняним водопіллям і літньо-осінньою меженню, яка звичайно часто порушується дощовими паводками.

Річки району мають змішане живлення, і у формуванні їх стоку у різних частинах басейну роль поталих і дощових вод різна. Співвідношення снігового і дощового живлення змінюється у різні за водністю роки. На річках басейну Сіверського Дінця (виключаючи праві притоки нижче впадіння р.Берека) стік весняного водопілля у багатоводні роки складає 70-80 % річного стоку, у середні за водністю роки - 60-70 %, а в маловодні – 50-60 %. Стік паводку у багатоводні роки на цих річках звичайно відсутній і меженний стік складає 20-30 % річного.

Початок підйому рівнів весняного водопілля звичайно виникає на невеликих і середніх річках басейну Сіверського Дінця. Значне підвищення величин шарів стоку меженного стоку пояснюється скидом шахтних вод. У західному напрямку величини стоку зменшуються. Отже, найбільша водність характерна північній частині басейну, до півдня водність річок зменшується. Значна водність річок Центрального Донбасу пояснюється скидом у річки шахтних і промислових вод. Найменша водність властива річкам з невеликими площами водозборів, отже і невеликим ерозійним врізом або річкам, в басейнах яких спостерігаються процеси карстоутворення, а також річкам степової частини, живлення яких виникає з малопомітних водоносних горизонтів.

Величини мінімального стоку зменшуються з півночі на південь. Найменші модулі мінімального середньомісячного літнього стоку змінюються з півночі на південь. Але на загальному фоні зональної зміни мінімального стоку простежується вплив місцевих гідрогеологічних і інших факторів на формування підземного і відповідно мінімального стоку. Найбільші величини мінімального стоку відносяться до р.Оскіл у межах Середньоруської височини. Відмічається велика кількість джерел.

2. ОГЛЯД НАУКОВО-МЕТОДИЧНОЇ БАЗИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ

2.1 Методи, засновані на геометричних моделях гідрографів водопіль

У формуванні річкового стоку взаємодіють фізико-географічні і метеорологічні чинники, а також гідроморфологічні характеристики гідрографічної мережі. Метеорологічні фактори визначають надходження вологи (у вигляді дощів або талих вод) на поверхню водозборів, які під впливом перехоплення, змочування рослинного покриву та акумуляції у мікропониженнях рельєфу трансформуються у схиловий стік. У подальшому зі схилів вода надходить до руслової мережі, де під впливом руслового добігання й ефектів русло-заплавного регулювання та акумуляції відбувається й перетворення на русловий стік.

Ізохрони – це лінії однакового часу добігання від них до замикального створу. Крок у часі може бути різним: година, доба й ін. проміжки. Приклад такої системи наводиться на рис.2.1.

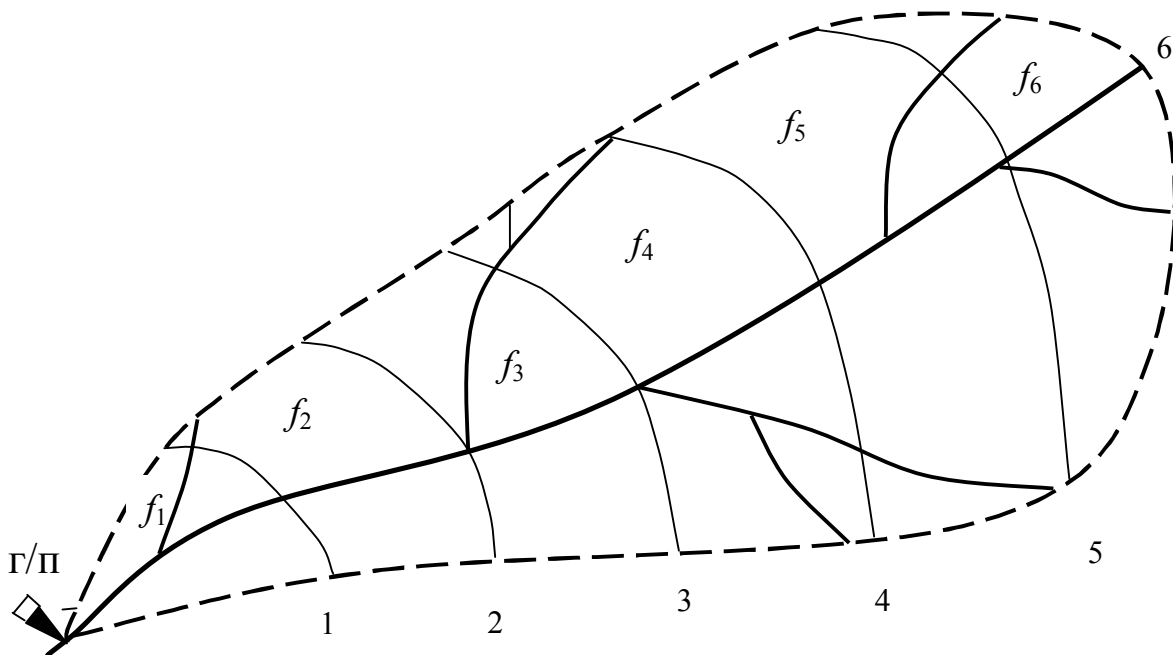


Рис. 2.1 - Річковий водозбір з системою руслових ізохрон

Добігання води від найбільш віддаленої точки на водозборі називається тривалістю або часом руслового добігання t_p . Тривалість руслового добігання є відношенням гідрографічної довжини річки L до швидкості руслового добігання V_∂ . В залежності від співвідношення між тривалостями схилового припливу T_0 і руслового добігання t_p можливі два варіанти формування руслового стоку:

1) при $T_0 > t_p$ і 2) при $T_0 < t_p$.

Розглянемо кожен з варіантів окремо.

За схемою, наведеною на рис.2.1, $t_p = 6\Delta t$. Щоб виконувалась перша умова, задамо, наприклад, $T_0 = 8\Delta t$. Гідрограф схилового припливу (в модулях) ілюструється рис.2.2.

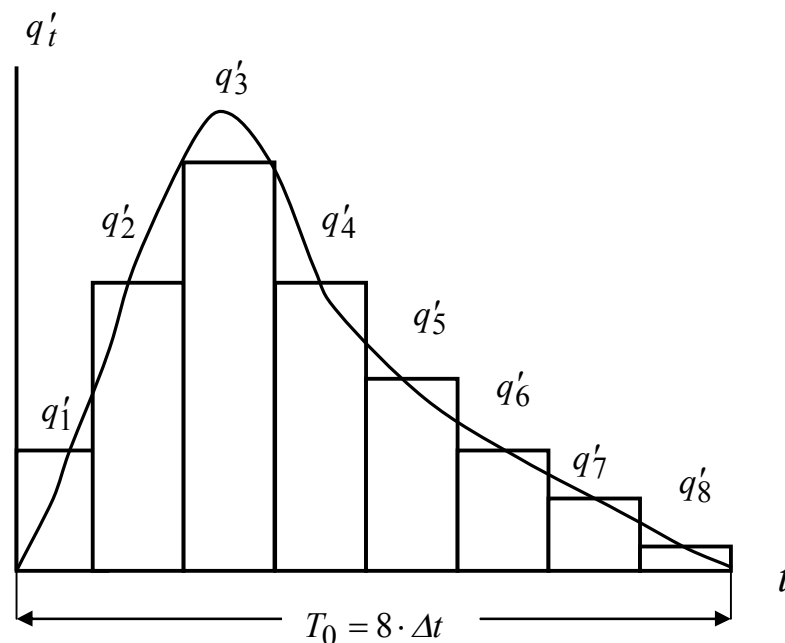


Рис. 2.2 - Гідрограф схилового припливу води до руслової мережі

Розіб'ємо його за часом на 8 частин, кожна з яких характеризується часовим відрізком по абсцисі Δt . Далі здійснюється осереднення у межах Δt усіх ординат гідрографа схилового припливу, який завдяки такій процедурі

перетворюється з безперервної функції q'_t на дискретну діаграму розподілу модулів припливу у часі.

За дискретним відрізком часу Δt вважається, що схиловий приплив q'_t надходить до руслової мережі на початку розрахункової одиниці, а переміщення об'єму води від кожної міжізохронної площі відбувається в кінці її.

Наприклад, на початку першої розрахункової одиниці часу на всю водозбірну площу надходить приплив води зі схилів з інтенсивністю q'_1 . В кінці першої одиниці по усіх руслах відбудеться переміщення міжізохронних об'ємів на одну ізохрону. Через замикальний створ (г/п) пройшла б витрата води

$$Q_1 = f_1 q'_1, \quad (2.1)$$

якби у межах кожної з міжізохронних площадок не відбувалось русло-заплавне регулювання[6]. Характеризувати його можна деякою функцією часу $\varepsilon_t \leq 1,0$. Оскільки русло-заплавні процеси відбуваються в залежності від кількості міжізохронних площадок, то у часі ε_t будуть співпадати з t_p , Δt та ординатами: $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{t=t_p}$. Таким чином, без урахування ефектів русло-заплавного регулювання витрата води Q_1 , визначена за (2.1), буде завищеною. У дійсності наприкінці першої розрахункової одиниці часу

$$Q_1 = f_1 q'_1 \varepsilon_1. \quad (2.2)$$

Слід звернути увагу на те, що в кінці першої одиниці відбувається відповідне переміщення об'ємів води з площадки на площадку в усіх вищерозміщених частках водозбору.

На початку другої розрахункової одиниці на водозбір надходить приплив з інтенсивністю q'_2 і русло-заплавне регулювання – з коефіцієнтами ε_2 , а в її кінці витрата води становитиме

$$Q_2 = f_1 q'_2 \varepsilon_1 + f_2 q'_1 \varepsilon_2. \quad (2.3)$$

Аналогічно в третю розрахункову одиницю і в подальші

$$Q_3 = f_1 q'_3 \varepsilon_1 + f_2 q'_2 \varepsilon_2 + f_3 q'_1 \varepsilon_3; \quad (2.4)$$

$$Q_4 = f_1 q'_4 \varepsilon_1 + f_2 q'_3 \varepsilon_2 + f_3 q'_2 \varepsilon_3 + f_4 q'_1 \varepsilon_4; \quad (2.5)$$

$$Q_5 = f_1 q'_5 \varepsilon_1 + f_2 q'_4 \varepsilon_2 + f_3 q'_3 \varepsilon_3 + f_4 q'_2 \varepsilon_4 + f_5 q'_1 \varepsilon_5; \quad (2.6)$$

$$Q_6 = f_1 q'_6 \varepsilon_1 + f_2 q'_5 \varepsilon_2 + f_3 q'_4 \varepsilon_3 + f_4 q'_3 \varepsilon_4 + f_5 q'_2 \varepsilon_5 + f_6 q'_1 \varepsilon_6. \quad (2.7)$$

Порівнюючи t_p і T_0 , очевидно, що в шосту одиницю часу вода від вододілу (найбільш віддаленої ізохрони на басейні) надійшла русловим шляхом до замикального створу. Тому в сьому одиницю часу і, включаючи й восьму, витрати води будуть формуватись у замикальному створі за схемою

$$Q_7 = f_1 q'_7 \varepsilon_1 + f_2 q'_6 \varepsilon_2 + f_3 q'_5 \varepsilon_3 + f_4 q'_4 \varepsilon_4 + f_5 q'_3 \varepsilon_5 + f_6 q'_2 \varepsilon_6; \quad (2.8)$$

$$Q_8 = f_1 q'_8 \varepsilon_1 + f_2 q'_7 \varepsilon_2 + f_3 q'_6 \varepsilon_3 + f_4 q'_5 \varepsilon_4 + f_5 q'_4 \varepsilon_5 + f_6 q'_3 \varepsilon_6 \quad (2.9)$$

На початку дев'ятої часової одиниці припинився приплив води зі схилів до руслової мережі, а тому у замикальному створі відбувається зменшення витрат води за схемою

$$Q_9 = f_2 q'_8 \varepsilon_2 + f_3 q'_7 \varepsilon_3 + f_4 q'_6 \varepsilon_4 + f_5 q'_5 \varepsilon_5 + f_6 q'_4 \varepsilon_6; \quad (2.10)$$

$$Q_{10} = f_3 q'_8 \varepsilon_3 + f_4 q'_7 \varepsilon_4 + f_5 q'_6 \varepsilon_5 + f_6 q'_5 \varepsilon_6; \quad (2.11)$$

$$Q_{11} = f_4 q'_8 \varepsilon_4 + f_5 q'_7 \varepsilon_5 + f_6 q'_6 \varepsilon_6; \quad (2.12)$$

$$Q_{12} = f_5 q'_8 \varepsilon_5 + f_6 q'_7 \varepsilon_6; \quad (2.13)$$

$$Q_{13} = f_6 q'_8 \varepsilon_6; \quad (2.14)$$

$$Q_{14} = 0. \quad (2.15)$$

Необхідно на основі отриманих даних визначатись з важливими характеристиками руслового стоку: тривалістю паводка (водопілля), часом настання максимальної витрати води та її величиною. Тривалість паводка (водопілля) T_n , очевидно, дорівнює

$$T_n = T_0 + t_p, \quad (2.16)$$

де

$$T_0 = T + t_{cx}, \quad (2.17)$$

$$t_{cx} = \frac{l_{cx}}{V_{cx}}. \quad (2.18)$$

Але в дійсності T_n буде дещо більшою величиною за рахунок спрацювання запасів води, акумульованої у заплавах, алювії і берегах, а тому

$$T_n = T_0 + t_p + \Delta t_3, \quad (2.19)$$

де Δt_3 - час, необхідний для спрацювання русло-заплавних запасів води, які там знаходяться на момент добігання повеневих (паводкових) хвиль від вододілу до замикального створу.

Щодо максимальної ординати руслового стоку, то її легко можна було б визначити, якби відомі були функції f_t , q'_t і ε_t .

На жаль, отримати можливо лише дві з трьох функцій, а саме: f_t (побудовою карт ізохрон або еквідистант) та q'_t (шляхом організації спостережень за схиловим стоком на стокових і водно-балансових станціях). Дані по русло-заплавних процесах взагалі відсутні, а тому відсутні й відомості стосовно конкретного вигляду функції ε_t . Але, розглядаючи рівняння ординат (2.2 – 2.15) руслового гідрографа, можна очікувати, що Q_m буде спостерігатись у шосту, сьому або восьму часові одиниці, оскільки саме до рівнянь Q_t (2.7 – 2.9) входить найбільше складових. Проілюструвати наочно дану тезу можна за допомогою осереднення ординат кривих ізохрон ($f_t = f$) і русло-заплавного регулювання ($\varepsilon_t = \varepsilon$). У такому випадку

$$Q_m = f \cdot \varepsilon \left(\sum_{t_p} q'_t \right)_m . \quad (2.20)$$

Об'єктивно оцінити при таких припущеннях величину Q_m і його настання доволі просто, якщо побудувати відповідні гідрографи схилового і руслового стоку (рис.2.3)

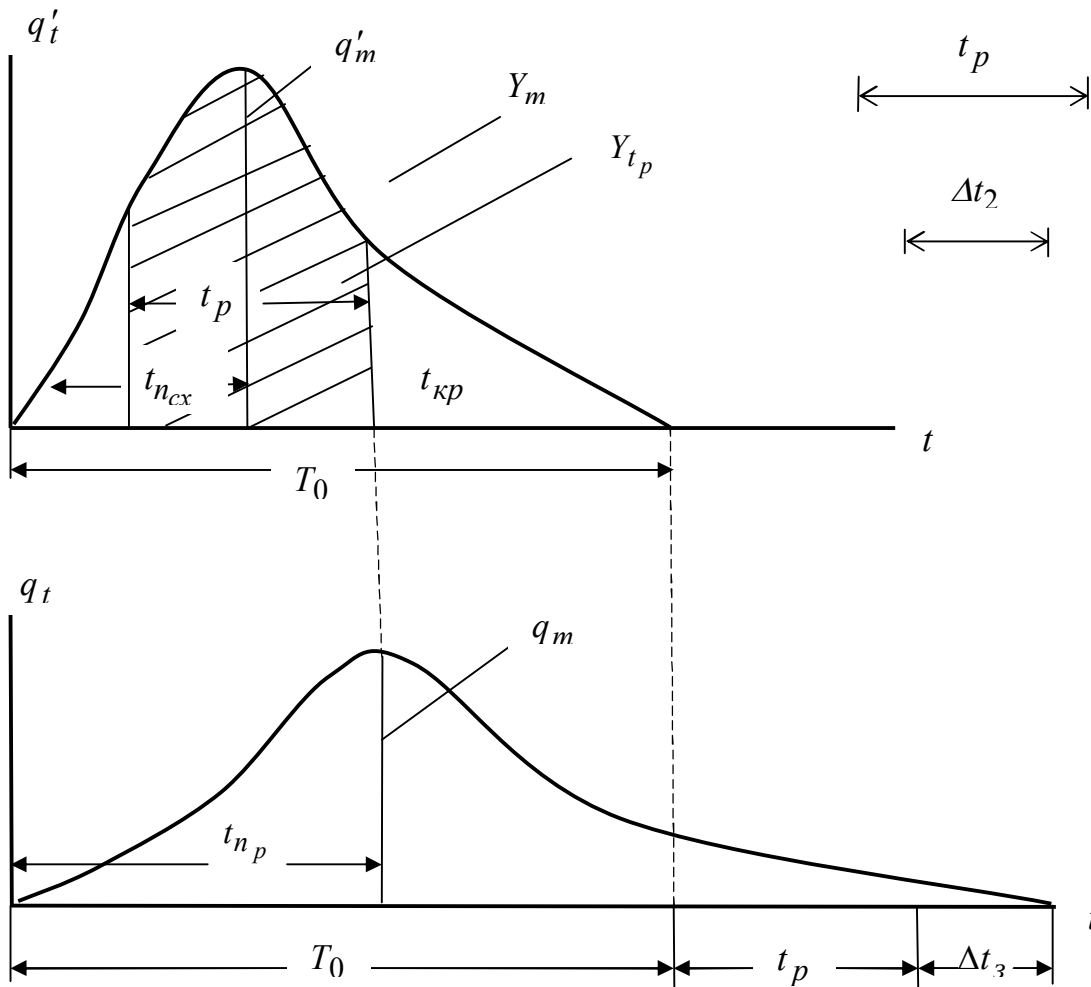


Рис. 2.3 - Принципова схема трансформації схилового припливу у русловий стік (за умови $T_0 > t_p$)

При симетричному гідрографі схилового припливу максимальний модуль (витрата води), як видно з рис.2.3, спостерігається у часі із запізненням по відношенню до тривалості підйому схилового стоку, бо

$$t_{np} = t_{ncx} + \frac{1}{2} \cdot t_p. \quad (2.21)$$

У загальному випадку час настання максимальної витрати води руслового стоку $t_{кр}$ відбувається тоді, коли в інтервалі t_p на схиловому гідрографі шар припливу Y_{t_p}

$$\left(\sum_{t_p} q'_t \right) = Y_{t_p} \quad (2.22)$$

буде найбільшим. З урахуванням (2.22)

$$Q_m = f \cdot \varepsilon \cdot Y_{t_p}, \quad (2.23)$$

де Y_{t_p} - діючий шар схилового стоку, який бере участь у формуванні максимальної витрати за умови $t_p < T_0$.

З рис.2.3 також видно, що $q'_m > q_m$. Пояснюється це тим, що шари стоку і схилового, і руслового гідрографів однакові (дорівнюють Y_m), а тривалості різні, зокрема, $T_n > T_0$.

Таким чином, основним фактором трансформації схилового припливу є розпластування паводкових і повеневих хвиль за рахунок тривалості руслового добігання й ефектів русло-заплавного регулювання максимального стоку річок.

Як вихідну, використаємо модель водозбору з ізохронами руслового добігання, наведену на рис.2.1, тобто при $t_p = 6\Delta t$. Для виконання умови $t_p > T_0$ візьмемо, наприклад, тривалість схилового припливу $t_p = 4\Delta t$ (рис.2.4).

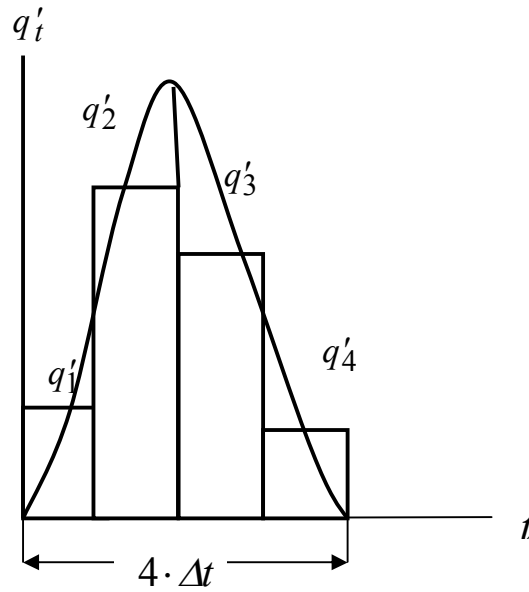


Рис. 2.4 - Гідрограф схилового припливу до руслової мережі

Систему рівнянь для опису гідрографа руслового стоку при $t_p = 4\Delta t$ і $t_p = 6\Delta t$ запишемо у послідовності, яка розглядалась раніше:

$$Q_1 = f_1 q'_1 \varepsilon_1; \quad (2.24)$$

$$Q_2 = f_1 q'_2 \varepsilon_1 + f_2 q'_1 \varepsilon_2; \quad (2.25)$$

$$Q_3 = f_1 q'_3 \varepsilon_1 + f_2 q'_2 \varepsilon_2 + f_3 q'_1 \varepsilon_3; \quad (2.26)$$

$$Q_4 = f_1 q'_4 \varepsilon_1 + f_2 q'_3 \varepsilon_2 + f_3 q'_2 \varepsilon_3 + f_4 q'_1 \varepsilon_4. \quad (2.27)$$

В четверту одиницю часу припиняється схиловий приплив, а тому у подальшому:

$$Q_5 = f_2 q'_4 \varepsilon_2 + f_3 q'_3 \varepsilon_3 + f_4 q'_2 \varepsilon_4 + f_5 q'_1 \varepsilon_5 \quad (2.28)$$

$$Q_6 = f_3 q'_4 \varepsilon_3 + f_4 q'_3 \varepsilon_4 + f_5 q'_2 \varepsilon_5 + f_6 q'_1 \varepsilon_6 \quad (2.29)$$

В шостій розрахунковій одиниці мало місце добігання води від вододілу до замикального створу, а тому, починаючи з сьомої одиниці, почнеться спад руслового стоку:

$$Q_7 = f_4 q'_4 \varepsilon_4 + f_5 q'_3 \varepsilon_5 + f_6 q'_2 \varepsilon_6; \quad (2.30)$$

$$Q_8 = f_5 q'_4 \varepsilon_5 + f_6 q'_3 \varepsilon_6; \quad (2.31)$$

$$Q_9 = f_6 q'_4 \varepsilon_6; \quad (2.32)$$

$$Q_{10} = 0 \quad (2.33)$$

Очевидно, що максимальну ординату гідрографа стоку Q_m можна очікувати (у разі осереднення у часі q'_t і ε_t) в четверту, п'яту або шосту одиницю часу, а саме, коли

$$Q_m = q' \cdot \varepsilon \left(\sum_{T_0} f_t \right)_m. \quad (2.34)$$

Вираз, що стоїть у дужках, є площею одночасного формування руслового стоку (рис.2.5). Викладене свідчить про те, що за існування умови $t_p > T_0$ у формуванні максимального стоку бере участь весь схиловий приплив Y_m , але не вся площа водозбору, а тільки її частина – найбільша величина ($F_\partial < F$) за розрахункову тривалість схилового припливу T_0 , тобто

$$F_\partial = \left(\sum_{T_0} f_t \right)_m = B'_{сер} V_\partial \cdot T_0, \quad (2.35)$$

де $B'_{сер}$ - середня ширина водозбору у межах F_∂ .

На рис.2.6 наводиться схема трансформації схилового стоку у русловий гідрограф при $t_p > T_0$.

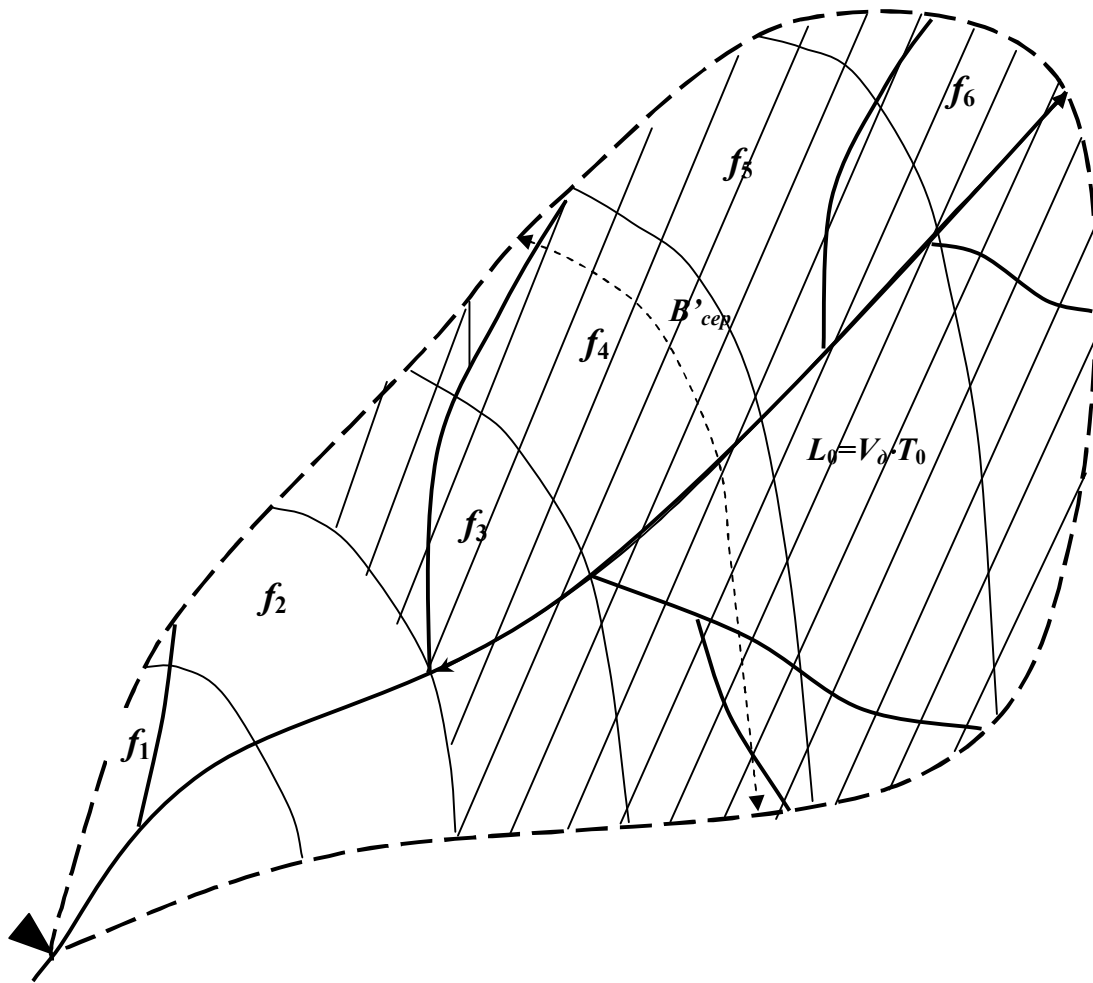
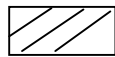


Рис. 2.5 - Річковий водозбір з системою руслових ізохрон:

 - площа одночасного формування стоку F_{∂} ; $L_0 = V_{\partial} \cdot T_0$ - довжина ділянки, що формує Q_m .

З рис.2.6 видно, що максимальний модуль руслового стоку ($q_m < q'_m$) спостерігається наприкінці руслового добігання, тобто при $t_{np} = T_0$.

Нижче будуть розглянуті науково-методичні підходи щодо обґрунтування базових формул для нормування розрахункових характеристик річок.

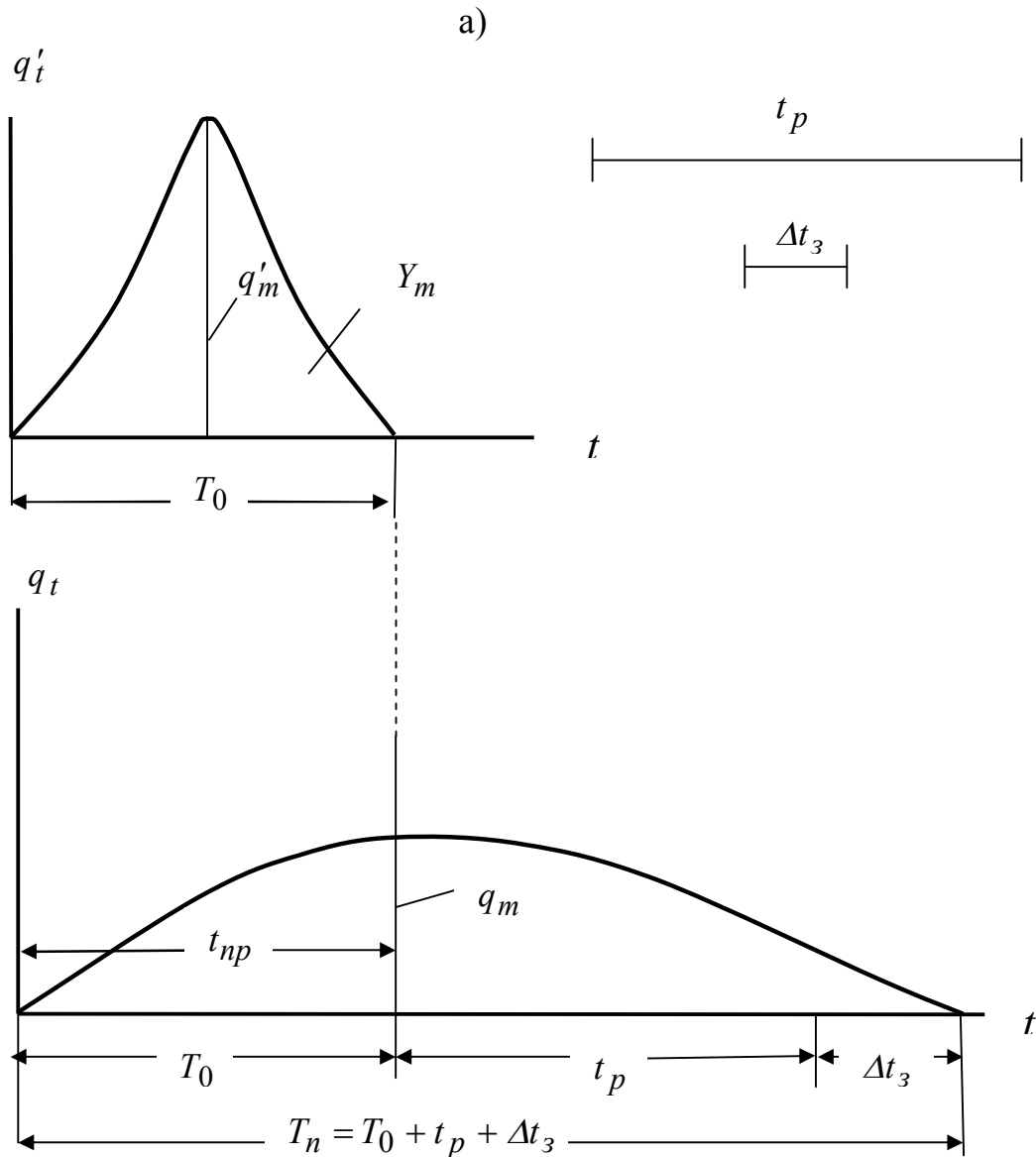


Рис. 2.6 - Принципова схема трансформації схилового припливу у русловий стік (за умови $t_p > T_0$)

В гідрологічній літературі наводиться велика кількість методик і формул із розрахунку характеристик максимального стоку паводків і весняних водопіль. Більшість з них має емпіричне походження і ґрунтується на залежностях максимальних модулів стоку від розміру водозборів або тривалості руслового добігання та декількох параметрах, за допомогою яких враховується регулюючий ефект озер, водосховищ, лісів й ін [7].

2.2 Редукційні об'ємні формули

Д.Л.Соколовський (1959) спочатку поділив формули на 2 групи за областю застосування: окремо по розрахунках максимального стоку весняного водопілля і дощових паводків[6]. До першої групи віднесені редукційні й об'ємні формули. Класичним прикладом редукційної розрахункової методики є формула Д.І.Кочеріна (1932). Її загальний вигляд досить простий

$$q_m = \frac{q'_m}{(F + 1)^{n_1}}, \quad (2.36)$$

де q_m - максимальний модуль стоку;

q'_m - максимальний модуль схилового припливу;

F - площа водозбору;

n_1 - показник редукції.

Наведені параметри, що входять до (2.36), визначаються за простою процедурою – логарифмуванням вихідної формули та побудовою емпіричної залежності $\lg q_m = f[\lg(F + 1)]$. Тангенс кута нахилу лінії зв'язку до вісі абсцис є показник степеня n_1 , а відрізок, що відсікається по ординаті (при $F = 0$) – максимальний модуль схилового припливу q'_m . Проблемними питаннями, які стосуються структури (2.36), були й залишаються:

1. Адекватність запровадженої структури явищу формування максимального стоку.

2. Можливості просторового узагальнення параметрів базової структури. Недоліки, які необхідно віднести до існування першої проблеми, були чітко окреслені у наукових працях К.П.Воскресенського (1956), О.О.Соколова (1970) й ін. Вони пов'язані з тим, що крім площі водозбору характер редукції багато в чому залежить від шару стоку. І дійсно, виявилось, що модулі q'_m залежать від шару стоку за період водопілля та описуються рівнянням

$$q'_m = k_0 Y_m, \quad (2.37)$$

де k_0 - коефіцієнт «дружності» (за термінологією нормативного документу СН 435-72) весняного водопілля. На його змісті ми зупинимось дещо пізніше.

Підставимо (2.37) в (2.36), тоді

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F + 1)^{n_1}} \delta \delta_1 \delta_2, \quad (2.38)$$

де δ - коефіцієнт впливу регулюючої місткості озер, водосховищ, ставків проточного типу на регулювання максимальних модулів (витрат) стоку; δ_1, δ_2 - редукційні коефіцієнти впливу залісеності (δ_1) і заболоченості (δ_2) на характеристики максимального стоку річок.

У методичному відношенні шари стоку за період весняного водопілля рекомендується картувати, а k_0 - районувати або визначати за аналогією з сусідніми річками. З часом з'ясувалось, що формули у вигляді (2.36) і (2.38) не повною мірою описують загальну редукцію q_m при збільшенні розмірів водозборів. Відзначалось, що в області невеликих водозборів спостерігається уповільнення редукції, порівняно з середніми, а тим більш з великими річками. Щоб компенсувати цей структурний недолік, у знаменник було привнесено параметр b , величина якого залежить від географічного положення водозборів (табл.2.1).

Таблиця 2.1 - Значення параметра b по географічних зонах
(для рівнинних річок)

Географічна зона	Тундри і лісова	Лісостепова	Степова, посушливих степів, полупустель
$b, \text{км}^2$	1,0	2,0	10,0

З урахуванням b формула набула такого структурного виразу

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F + b)^{n_1}} \quad (2.39)$$

Така «підгонка» структури (2.37) під описання природного процесу виявляється некоректною. Дійсно, з базової структури (2.36) граничною умовою зверху для відношення q_m/q'_m повинна бути одиниця (при $F=0$). З «підкорегованої» (2.39) структури маємо дещо інший результат, а саме

$$q_m/q'_m = \frac{q_m}{k_0 Y_m} = \frac{1}{b^{n_1}} < 1,0 \quad (2.40)$$

Більш методично виваженим є інше представлення залежності $q_m = f(F)$ або $q_m/q'_m = f(F)$, якщо для них притаманним виявляється різний характер редукції в області невеликих і великих (за розмірами) водозборів[6].

а) при $F < F_0$, де F_0 - точка перегину на залежностях $\lg q_m = f[\lg(F + 1)]$
або $\lg \frac{q_m}{Y_m} = f[\lg(F + 1)]$ в редакції (2.36) чи (2.39);

б) при $F \geq F_0$

$$q_m = \left(\frac{q_{F_0}}{F^{n_2}} \right) \cdot F_0^{n_2 - n_1}, \quad (2.41)$$

і

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{F^{n_2}} \cdot F_0^{n_2 - n_1}; \quad (2.42)$$

Редукційні формули вигляду (2.38) до цього часу використовуються при нормуванні характеристик максимального стоку річок як в Україні

(СНіП2.01.14-83), так і в інших країнах (наприклад, в Російській Федерації і деяких країнах СНД – це СП 33-101-2003). У своїх працях Д.Л.Соколовський (1968) здійснив спробу надати емпіричній структурі (2.36), а таким чином й (2.38), теоретичне обґрунтування. Розглядалися одномодальні лінійні гідрографи схилового припливу Q'_t і руслового стоку Q_t з тривалостями, відповідно T_0 і

$(T_0 + t_p)$, та максимальними ординатами Q'_m і Q_m . Виходячи з лінійної форми гідрографів, їх об'єми будуть дорівнювати:

а) для схилового припливу W_{np}

$$W_{np} = \frac{1}{2} T_0 Q'_m; \quad (2.43)$$

а) для руслового стоку W_{cm}

$$W_{cm} = \frac{1}{2} (T_0 + t_p) Q_m. \quad (2.44)$$

Вважаючи, що у русловій мережі втрат поверхневого стоку майже не відбувається, то $W_{cm} = W_{np}$,

$$Q_m = \frac{Q'_m T_0}{T_0 + t_p} = \frac{Q'_m}{1 + \frac{t_p}{T_0}}. \quad (2.45)$$

Поділимо ліву і праву частини (2.45) на площу водозбору F , тоді

$$q_m = \frac{q'_m}{1 + \frac{t_p}{T_0}}, \quad (2.46)$$

З чисто формальних міркувань, порівнюючи емпіричну структуру (2.36) і (2.46), Д.Л.Соколовський робить висновок про те, що вираз (2.46) є доказом теоретичної моделі одномодальних трикутних за формою гідрографів у формулі (2.36), бо з порівняння випливає

$$\frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0}} = \frac{1}{(F + 1)^{n_1}}, \quad (2.47)$$

Тотожність (2.47) начебто є доказом, що основним і єдиним чинником редукції максимальних модулів q_m при збільшенні площі водозборів є тільки тривалість руслового добігання t_p , зокрема, нормована по T_0 .

Через відсутність вихідної інформації в усьому діапазоні F цей висновок не перевірявся. Але як потім з'ясувалось, такий висновок не повною мірою відповідає дійсності, про що буде йтися дещо пізніше.

На відміну від редукційних, в їх основу покладено одномодальний гідрограф з тривалістю стоку T_n , об'ємом W_{cm} і максимальною витратою води Q_m . За такої геометричної моделі паводка або водопілля

$$W_{cm} = \frac{1}{k_\phi} Q_m T_n. \quad (2.48)$$

Звідки

$$Q_m = k_\phi \frac{W_{cm}}{T_n}, \quad (2.49)$$

де k_ϕ - коефіцієнт, який залежить від форми руслового гідрографа і з (2.49) він дорівнює

$$k_\phi = \frac{Q_m T_n}{W_{cm}} = \frac{Q_m}{\bar{Q}_{T_n}}, \quad (2.50)$$

\bar{Q}_{T_n} - середня за водопілля (паводок) витрата води.

Розділимо ліву і праву частини (2.49) на F , тоді

$$q_m = k_\phi \frac{Y_m}{T_n}, \quad (2.51)$$

З теорії формування максимального стоку, заснованої на моделі руслових ізохрон, відомо, що $T_n = T_0 + t_p + \Delta t_3$. Різна природа складових T_n змусила дослідників максимального стоку річок при розрахунках і узагальненні тривалості руслового стоку піти на деякі спрощення. Зокрема, А.В.Огієвський (1938) русловий гідрограф використав у вигляді лінійного трикутника, а тривалість T_n взяв як суму T_0 і t_p . Для такої моделі, очевидно, що $k_{\phi} = 2,0$ і таким чином

$$q_m = \frac{2Y_m}{T_0 + t_p}, \quad (2.52)$$

де t_p - тривалість руслового добігання

$$t_p = \frac{L}{V_{\partial}} = \frac{L}{\alpha_0 (I \cdot 10^4 + 30)}, \quad (2.53)$$

L - гідрографічна довжина річки;

I - ухил річки;

α_0 - коефіцієнт, який залежить від особливостей заплави.

Стосовно (2.53) слід зауважити, що гідрографи стоку зазвичай характеризуються $k_{\phi} > 2,0$ і $T_n > (T_0 + t_p)$, а тому запропонована А.В.Огієвським схематизація паводків і водопіль не відповідає дійсності. Ці структурні недоліки (2.52) були деякою мірою враховані В.І.Мокляком (1957) – ще одним представником київської наукової гідрологічної школи, заснованої А.В.Огієвським.

Найбільш широке розповсюдження серед формул об'ємного типу отримала структура, яка була запропонована Д.Л.Соколовським (1945) для розрахунку характеристик паводкового стоку. Форма паводка береться у вигляді двох парабол, що збігаються у вершині. Рівняння гідрографа записується таким чином:

- гілка підйому

$$Q_t = Q_m \left(\frac{t}{t_n} \right)^m ; \quad (2.54)$$

- гілка спаду

$$Q_t = Q_m \left(\frac{t_{cn} - t}{t_{cn}} \right)^{n'} , \quad (2.55)$$

де t_n - тривалість підйому;

t_{cn} - тривалість спаду.

Об'єм стоку у фазі підйому дорівнює

$$W_n = \int_0^{t_n} Q_t dt = Q_m \cdot \frac{1}{t_n^m} \int_0^{t_n} t^{m'} dt = \frac{1}{m'+1} Q_m t_n, \quad (2.56)$$

Аналогічно для фази спаду

$$W_{cn} = \int_0^{t_{cn}} Q_t dt = Q_m \cdot \frac{1}{t_{cn}^{n'}} \int_0^{t_{cn}} (t_{cn} - t)^{n'} dt = \frac{1}{n'+1} Q_m t_{cn}, \quad (2.57)$$

Об'єм стоку за паводок дорівнює

$$W = W_n + W_{cn} = Q_m t_n \left(\frac{1}{m'+1} + \frac{1}{n'+1} \gamma \right), \quad (2.58)$$

де $\gamma = \frac{t_{cn}}{t_n} > 1,0$.

В узагальненому вигляді

$$W = Q_m t_n \left[\frac{(n'+1) + \gamma(m'+1)}{(m'+1)(n'+1)} \right], \quad (2.59)$$

Відносно Q_m (1.59) запишеться так

$$Q_m = \frac{W}{t_n} \frac{(m'+1)(n'+1)}{(n'+1) + \gamma(m'+1)} = \frac{W}{t_n} f, \quad (2.60)$$

де f - коефіцієнт форми гідрографа, тобто

$$f = \frac{(m' + 1)(n' + 1)}{(n' + 1) + \gamma(m' + 1)} \quad (2.61)$$

Максимальний модуль q_m становитиме

$$q_m = \frac{Y_m}{t_n} f. \quad (2.62)$$

З іншого боку,

$$T_n = t_n + t_{cn} = t_n(1 + \lambda). \quad (2.63)$$

З урахуванням (2.63) формула (2.62) запишеться в редакції

$$q_m = \frac{Y_m}{T_n} f(1 + \gamma). \quad (2.64)$$

За Д.Л.Соколовським (1968), структура (2.64) для розрахунку максимального стоку дощових паводків має вигляд

$$q_m = \frac{H \cdot \eta}{T_n} f(1 + \gamma), \quad (2.65)$$

де H_m - кількість опадів за дощ;

η - коефіцієнт паводкового стоку.

Сумарна величина максимального модуля паводкового стоку дорівнюватиме

$$q_{m_{\text{сум}}} = q_m + q_{zp}, \quad (2.66)$$

де q_{zp} - модуль ґрунтової складової, який приблизно визначається по нормі ґрунтового стоку. У розглянутих вище варіантах в наш час об'ємні формули не використовуються.

2.3 Методи, засновані на теорії руслових ізохрон

Модель формування максимального стоку з елементарних водозборів
А.М.Бефані

У науково-методичному відношенні водозбори ним поділяються на елементарні і розгалужені річкові системи. Елементарні водозбори моделюються у вигляді прямокутників з одним руслом посередині. Розгалужені річкові системи можна порівняти з кроною дерева[6].

Для виділеної ділянки довжиною dx можна записати у довільній формі балансове рівняння

$$Q_1 dt + q'_t dx dt = Q_2 dt + \frac{\partial \omega}{\partial t} dt dx \quad (2.67)$$

або

$$Q_1 dt + q'_t dx dt = \left(Q_1 + \frac{\partial Q}{\partial x} dx \right) dt + \frac{\partial \omega}{\partial t} dt dx \quad (2.68)$$

Після деяких простих перетворень

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = q'_t. \quad (1.69)$$

Фактично (2.69) є диференціальне рівняння стоку з елементарних водозборів.

Враховуючи, що $Q = \omega V_\partial$, рівняння (2.69) можна дещо спростити, особливо якщо швидкість руслового добігання V_∂ паводкової хвилі по довжині водотоку змінюється у незначних межах. За Шезі,

$$V_\partial = a \sqrt{R I}, \quad (2.70)$$

Для природних водотоків, у яких ширина B перевищує суттєво глибину $h_{сер}$, замість R можна використати саме середню глибину. У свою чергу існує

(на водотоках зі стійкими руслами) однозначна залежність між глибиною $h_{сер}$ і витратою води Q . Тоді (2.70) можна представити у вигляді

$$V_{\partial} = a_0 I^{\alpha} Q^{\beta}. \quad (2.71)$$

На більшості річок України $\alpha = \beta \approx 1/3$, причому в залежності від довжини водотоків I і Q змінюються у протилежних напрямках. Ці обставини сприяють тому, що можна припустити незначну змінність V_{∂} по довжині водотоку. За таких умов (2.69) запишеться у вигляді

$$V_{\partial} \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = q'_t. \quad (2.72)$$

Пристаюючи до інтегрування (2.72), попередньо складається допоміжна система

$$\frac{dx}{V_{\partial}} = \frac{dt}{1} = \frac{d\omega}{q'_t}. \quad (2.73)$$

Розглянемо співвідношення

$$\frac{dx}{V_{\partial}} = \frac{dt}{1} \quad \text{і} \quad \frac{dt}{1} = \frac{d\omega}{q'_t}. \quad (2.74)$$

Частинні рівняння мають вигляд

$$x = V_{\partial} t + C_1 \quad (2.75)$$

і

$$\omega = \int q'_t dt + C_2 \quad (2.76)$$

Для визначення постійних інтегрування C_1 і C_2 запишемо початкові і граничні умови: $t=0$; $\omega=0$ (початкові) і $x=0$; $\omega=0$ (граничні).

Якщо застосуємо до (2.75) і (2.76) початкові умови, то $C_1 = x$, а $C_2 = 0$ і у часі динаміка живого перерізу буде описуватись рівнянням

$$\omega = \int_0^t q'_t dt . \quad (2.77)$$

При застосуванні граничних умов

$$C_1 = -V_\partial t , \quad (2.78)$$

а

$$C_2 = -\int_0^t q'_t dt . \quad (2.79)$$

Для розв'язання (2.79) підставимо замість C_1 і C_2 їх значення, виходячи з (2.75) і (2.76), тоді

$$\omega = \int_0^t q'_t dt - \frac{-(x-V_\partial t)/V_\partial}{\int_0^t q'_t dt} . \quad (2.80)$$

Звідки

$$\omega = \int_0^t q'_t dt - \int_0^{t-t_x} q'_t dt = \int_{t-t_x}^t q'_t dt , \quad (2.81)$$

де $t_x = \frac{x}{V_\partial}$ - тривалість руслового добігання від вододілу до

розрахункового створу, якому відповідає розрахункова ділянка довжиною X .

Таким чином, отримано два рівняння, якими описується динаміка живого перерізу у часі (2.77) і просторі (2.81)[7].

Максимальна витрата води, якщо тривалість припливу $T_0 < t_p$, буде визначатись за рівнянням (2.77) і дорівнюватиме

$$Q_m = \omega_m V_\partial = V_\partial \int_0^{T_0} q'_t dt . \quad (2.82)$$

Інтеграл $\int_0^{T_0} q'_t dt$, очевидно, є площа гідрографа, яка дорівнює шару стоку

за паводок (водопілля) Y_m .

Тоді при ширині водозбору B

$$Q_m = V_\partial Y_m B, \quad (2.83)$$

а максимальний модуль дорівнюватиме

$$q_m = \frac{Q_m}{F} = \frac{Q_m}{B \cdot L} = \frac{Y_m}{t_p}. \quad (2.84)$$

Очевидно, що за умови $t_p > T_0$, у формуванні максимальної витрати (модуля) води на елементарних водозборах бере участь увесь об'єм (шар) стоку.

При $t_p < T_0$ формування стоку у замикальному створі буде відбуватись таким чином. До моменту $t < t_x$ ординати гідрографа будуть визначатись за рівнянням (2.85). За умови $t = t_p$ величина $x = L$, а $t_x = t_p$, тобто

$$Q_{t=t_p} = \int_0^{t_p} q'_t dt \quad (2.85)$$

Точно таким же чином запишеться і вираз (2.82). В інтервалі часу від $t = t_p$ і до кінця схилового припливу T_0 формування ординат стоку Q_t буде відбуватись за (2.81), а саме

$$Q_{t>t_p} = V_\partial \int_{t-t_p}^t q'_t dt \quad (2.86)$$

Максимальна ордината буде спостерігатись тоді, коли інтеграл за час t_p буде найбільшим, тобто

$$Q_m = V_\partial \left(\int_{t-t_p}^t q'_t dt \right)_m = V_\partial \int_{t_{кр}-t_p}^{t_{кр}} q'_t dt = V_\partial Y_{t_p} B, \quad (2.87)$$

де Y_{t_p} - найбільше значення шару припливу за час руслового добігання.

Інтеграл (2.86) ілюструється рис.2.7.

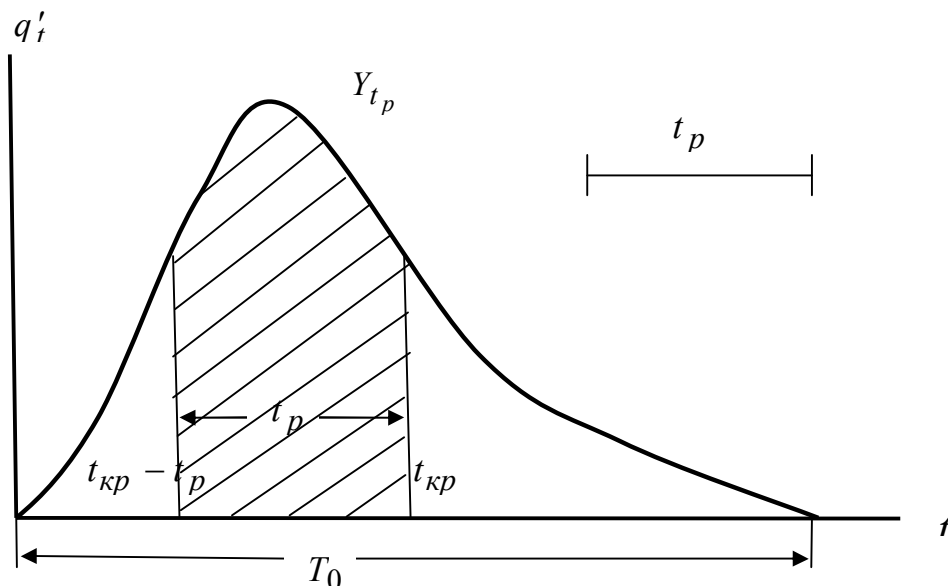


Рис.2.7 - Схема формування максимальної витрати води за умови $T_0 > t_p$

Максимальний модуль за таких умов дорівнюватиме

$$q_m = \frac{Q_m}{B \cdot L} = \frac{Y_{t_p}}{t_p} \quad (2.88)$$

При співвідношенні $T_0 > t_p$ максимальний модуль q_m формується не усім шаром припливу Y_{t_p} , а тільки його часткою - $Y_{t_p} < Y_m$.

Структурні вирази (2.84) і (2.88) доцільно об'єднати, маючи на увазі, що

$$Y_{t_p} = \varphi \cdot Y_m, \quad (2.89)$$

де φ - коефіцієнт повноти формування максимального стоку, тобто

$$\varphi = \frac{Y_{t_p}}{Y_m}. \quad (2.90)$$

За відомим рівнянням, яким описується динаміка схилового припливу у часі q'_t ,

$$\varphi = \frac{\int_0^{t_{kp}} q'_t dt}{\int_0^{t_{kp}-t_p} q'_t dt} \quad (2.91)$$

Для вирішення задачі відносно розрахунку Y_{t_p} і Y_m доцільно гідрографи схилового припливу перебудувати, здійснюючи розгортку q'_t від максимальної ординати за схемою, показаною на рис.2.8.

Вихідний гідрограф схилового припливу (рис.2.8-а) для зручності з кроком у часі Δt поділяється на 10 частин. На рис.1.9-б цей же самий гідрограф, але вже перебудований і представлений у відносних координатах t/T_0 і q'_t/q'_m . Причому на новому графічному зображенні схилового гідрографа нульова координата підрахунку відноситься до $t/T_0 = 0$ і $q'_t/q'_m = 1.0$.

Кожна з 10 ординат вибирається таким чином, щоб вона була більшою за попередню (див.рис.2.8-а). Аналітично залежність рис.2.8-б можна описати

співвідношенням $q'_t/q'_m = 1 - \left(\frac{t}{T_0}\right)^n$, звідки

$$q'_t = q'_m \left[1 - \left(\frac{t}{T_0}\right)^n \right]. \quad (2.92)$$

Рівняння (2.93) задовольняє умовам: при $t=0$ модуль $q'_{t=0} = q'_m$, а при $\frac{t}{T_0} = 1,0$ - $q'_{t=T_0} = 0$, що повною мірою узгоджується з рис.2.8-б.

Використовуючи (1.92), можна записати

$$\varphi = \frac{\int_0^{t_p} q'_t dt}{\int_0^{t_p} q'_t dt} = \frac{n+1}{n} \frac{t_p}{T_0} \left[1 - \frac{1}{n+1} \left(\frac{t_p}{T_0}\right)^n \right], \quad (1.93)$$

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

Згідно з (2.93), коефіцієнт повноти схилового припливу, який бере участь у формуванні максимальної витрати руслового стоку, залежить від співвідношення між тривалостями руслового добігання t_p і схилового припливу T_0 та форми схилового гідрографа. На рис.2.9 наводиться залежність

$$\varphi = f\left(\frac{t_p}{T_0}, n\right).$$

Узагальнена формула максимального стоку, з урахуванням φ , набуває розрахункового вигляду

$$q_m = \frac{Y_m}{t_p} \varphi \quad (2.94)$$

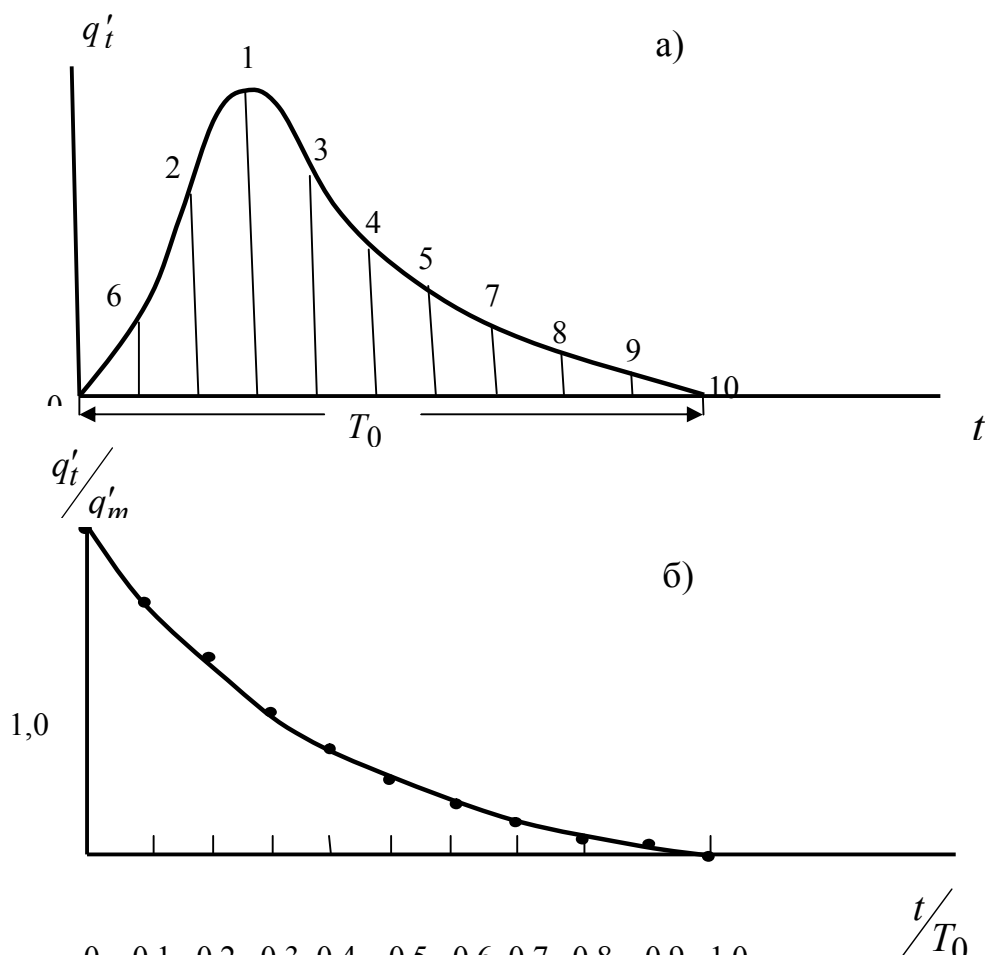


Рис.2.8 - Гідрографи схилового припливу: а) у хронологічному вигляді; б) у перебудованому варіанті

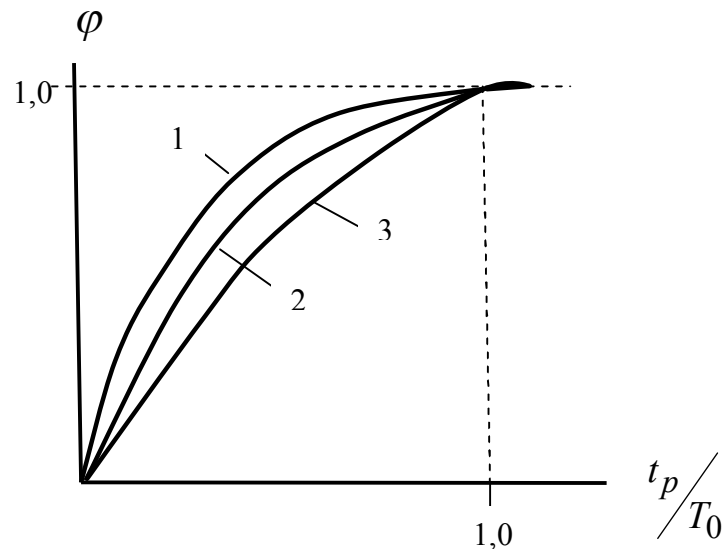


Рис.2.9 - Залежність коефіцієнта повноти схилового припливу φ від співвідношення t_p/T_0 і $n_1 < n_2 < n_3$

2.4 Нормативні документи

За своїм змістом у керівництві узагальнюється багатолітній досвід в області теорії і практики гідрологічних розрахунків, накопичений науково – дослідними інститутами, проектними водогосподарськими організаціями і спираються на розробки багатьох вчених колишнього СРСР.

Методи, що рекомендуються, засновані на обробці й аналізі багатолітніх спостережень на мережі станцій Гідрометслужби й інших установ [6].

При виконанні гідрологічних розрахунків крім спостережень Гідрометслужби використовувались вихідні дані інших установ і результати спеціальних досліджень. В залежності від наявних даних про режим річок у розрахункових створах рекомендуються такі матеріали спостережень:

- за наявністю спостережень;
- при обмежених вихідних матеріалах;
- при відсутності спостережень.

Оцінка репрезентативності часових рядів стокових характеристик виконується з урахуванням відносних похибок σ_Q

- для норм річного стоку

$$\sigma_Q = \frac{C_v}{\sqrt{n}} 100\% \quad (2.95)$$

де C_v - коефіцієнт варіації;

n - тривалість спостережень.

- для коефіцієнтів варіації

$$\sigma_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} 100\% \quad (2.96)$$

Відповідно до вимог СН 435 – 72 [7], тривалість спостережень вважається достатньою для визначення \bar{Q} і C_v , якщо $\sigma_Q \leq 5-10\%$, $C_v \leq 10-15\%$.

Величина коефіцієнтів асиметрії приймається на основі аналізу співвідношення C_s/C_v , де C_s - коефіцієнт асиметрії.

Тривалість періода спостережень становить від 25 років (для тундри і лісової зони), для сухостепової і напівпустельної – до 50 років.

Розрахункова база спостережень за весняним стоком використовується з площами водозборів від елементарно малих (менше 1 км²) до 20000 км² - на Європейській і до 50000 км² - на Азіатській території колишнього СРСР.

Стосовно задач розрахунку максимальних витрат води всі річки у межах колишнього союзу умовно поділені на 2 групи: рівнинні і гірські.

При проектуванні споруд на річках з площами водозборів більшими за наведені вище границі за відсутності гідрометричних даних максимальний стік річок визначається по картах.

Розрахунковий максимальний модуль весняного водопілля ймовірністю $P\%$ рекомендується визначати за формулою:

$$q_{P\%} = \frac{K_0 Y_{P\%} \mu}{(F + b)^{n_1}}, \quad (2.97)$$

де K_0 - параметр, характеризуючий дружність весняного водопілля;

$Y_{P\%}$ - розрахунковий шар стоку за водопілля забезпеченністю $P\%$;

μ - коефіцієнт, який враховує розбіжності в статистичних параметрах витрат води і шарів стоку;

b - параметр, за допомогою якого згладжується редуція в області малих водозборів (змінюється він від 1,0 до 10 км²).

Шар стоку заданої ймовірності перевищення визначається по біноміальній кривій забезпеченості або кривій трипараметричного гама розподілу.

2.5 Методика, що пропонується для нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець

Враховуючи, що в Україні до цього часу нормативні документи базуються на геометричній моделі формування розрахункових характеристик максимального стоку весняного водопілля, у магістерській роботі за основу прийнята геометрична модель гідрографів схилового і руслового стоку.

Вихідна структура формули максимального стоку має вигляд одномодального гідрографа (рис. 2.3)

Його можна описати рівнянням:

$$\frac{q_t}{q_m} = 1 - \left(\frac{t}{Tn} \right)^m, \quad (2.98)$$

де q_t - максимальний модуль стоку весняного водопілля. Запишемо (2.98) в редакції [8]

$$q_t = q_m \left[1 - \left(\frac{t}{Tn} \right)^m \right], \quad (2.99)$$

Шар стоку за період весняного водопілля Y_m дорівнює:

$$Y_m = \int_0^{T_n} q_t dt = q_m \frac{m+1}{m} \frac{t_p}{T_0} T_n \quad (2.100)$$

Виходячи з (2.100), перепишемо його в вигляді залежності максимального стоку q_m

$$q_m = \frac{m+1}{m} Y_m / T_n, \quad (2.101)$$

де $\frac{m+1}{m}$ - коефіцієнт часової неоднорідності руслового стоку

Представимо (2.101), домноживши чисельник і знаменник на K_0 , а саме

$$q_m = q'_m \frac{m+1}{m} \frac{T_n}{K_0}, \quad (2.102)$$

де $K_0 = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}$ - коефіцієнт схилової трансформації водопіль;

T_0 - тривалість схилового припливу води до річкової мережі;

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

q'_m - максимальний модуль схилового припливу, який згідно [7] дорівнює

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m = K_0 Y_m \quad (2.103)$$

З урахуванням (2.103)

$$q_m = q'_m \left(\frac{m+1}{m} / \frac{n+1}{n} \right) = \frac{T_0}{T_n}, \quad (2.104)$$

де $\frac{m+1}{m} / \frac{n+1}{n} = K_m$ - коефіцієнт трансформації руслового стоку;

$\frac{T_0}{T_n} = K_n$ - коефіцієнт русло – заплавного регулювання стоку

Запишемо узагальнюючий вигляд

$$q_m = q'_m K_m K_n, \quad (2.105)$$

3. ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ В БАСЕЙНІ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

3.1 Статистичний аналіз часових рядів максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець

Статистична обробка їх здійснювалась із використанням методів моментів і найбільшої правдоподібності[9]. Параметри в методі моментів визначались за формулами:

- середня величина \bar{x} дорівнює

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.1)$$

- коефіцієнт варіації C_v

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (3.2)$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{(n - 1)(n - 2)}, \quad (3.3)$$

де $K_i = \frac{x_i}{\bar{x}}$ - модульні коефіцієнти;

n – тривалість спостережень за максимальним стоком річок.

При застосуванні методу найбільшої правдоподібності середнє значення обчислюється за (3.1), а коефіцієнти варіації C_v і асиметрії C_s встановлювались за допомогою λ_1 і λ_2 , причому

$$\lambda_1 = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n \lg K_i, \quad (3.4)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n K_i \lg K_i, \quad (3.5)$$

За обчисленими по кожному ряду λ_1 і λ_2 на основі номограм встановлюється коефіцієнти варіації C_v і відношення C_s/C_v [8].

Результати статистичної обробки наводяться у додатку А1.

На рис.3.1. з метою порівняння коефіцієнтів варіації C_v надається порівняльний графік C_v , розрахованих з використанням методів моментів і найбільшої правдоподібності. Він свідчить про добру їх узгодженість і таким чином від методу статистичної обробки коефіцієнти варіації C_v практично не залежать.

Нами у подальшому були використані C_v і співвідношення C_s/C_v , які отримані саме за методом найбільшої правдоподібності.

Розрахункові максимальні модулі стоку за водопілля і шари стоку різної забезпеченості ($P = 1.0; 3.0; 5.0; 10\%$) встановлювались на основі кривої трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля. Результати приводяться у додатку А2.

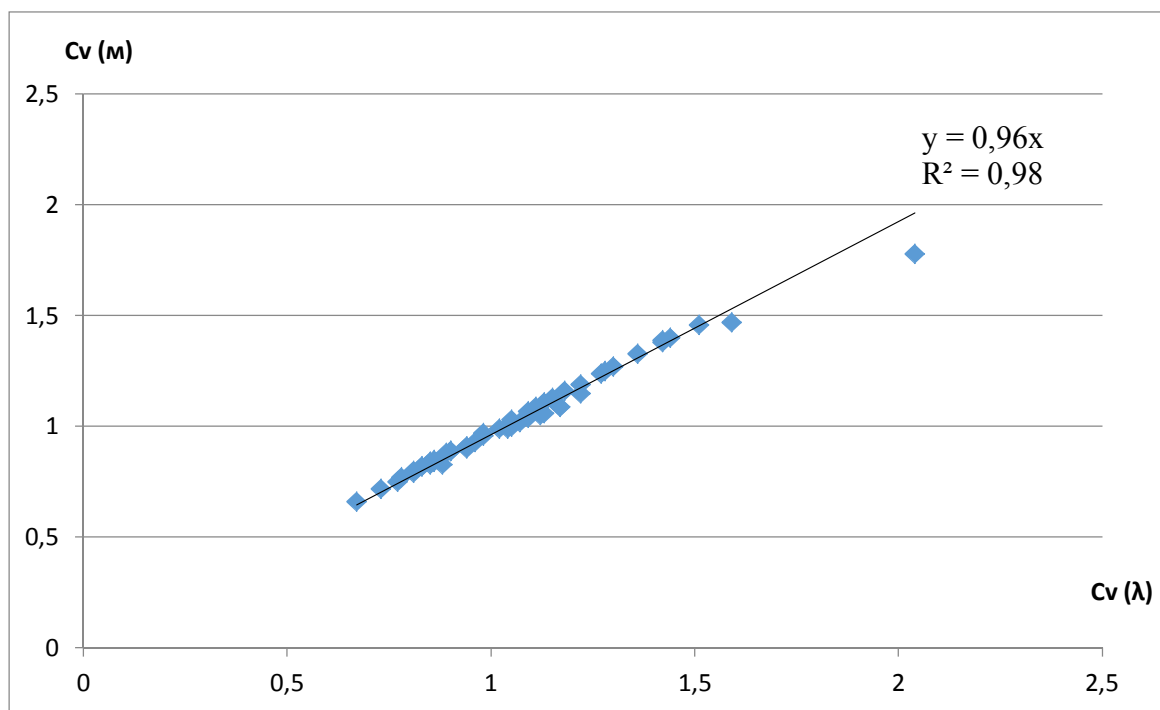


Рисунок 3.1 –Порівняння коефіцієнтів варіації, розрахованих за методами моментів (вісь ординат) та найбільшої правдоподібності (вісь абсцис)

3.2 Визначення параметрів розрахункової методики максимальних витрат води в басейні р. Сіверський Донець

У розділі 2.5 обґрунтована модель розрахункової методики для визначення максимальних модель стоку весняного водопілля. Вона представлена рівнянням (2.105)

$$q_m = q'_m K_m K_n, \quad (3.6)$$

де $K_m K_n$ - коефіцієнти трансформації весняного водопілля

Коефіцієнт K_m представляє собою відношення $\frac{m+1}{m} / \frac{n+1}{n}$, а $\frac{T_0}{T_n} = K_n$, тобто

$$K_n = \frac{T_0}{T_0 + t_p + \Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0} + \frac{\Delta t}{T_0}} = f(F), \quad (3.7)$$

Підставимо $K_m K_n$ в (3.6), тоді

$$q_m = \frac{q'_m}{(F + 1)^{n_1}} \quad (3.8)$$

Структура (3.8) співпадає з редуційним рівнянням, яке майже повністю відповідає СН 435 – 72 , а у подальшому і СНиП 2.01.14 – 83 [7].

Якщо мати на увазі, що $q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m = K_0 Y_m$, то структурний вираз (3.8)

буде становити

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F + 1)^{n_1}} \quad (3.9)$$

Шар стоку за водоопілля Y_m у розрахунковому вигляді зазвичай картується, а k_0 - рекомендується визначити методом аналогії. Автором магістерської роботи за розрахункову приймається (3.8).

Степеновий показник n_1 досить просто отримати за залежністю $\lg q_m = f \lg(F + 1)$. Наявність n_1 дає змогу визначити не лише середнє значення

параметра q'_m , а й індивідуальні величини максимального модуля стоку за водопілля, причому

$$q'_m = q_m (F + 1)^{n_1} \quad (3.10)$$

У подальшому $q'_{1\%}$ можуть бути узагальнені по території у вигляді відповідної карти.

На підставі даних побудована емпірична залежність максимальних модулів стоку весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець $q_{1\%}$ від розміру водозборів F , км² (рис. 3.2) Вихідні дані для побудови залежності представлені у додатку А3.

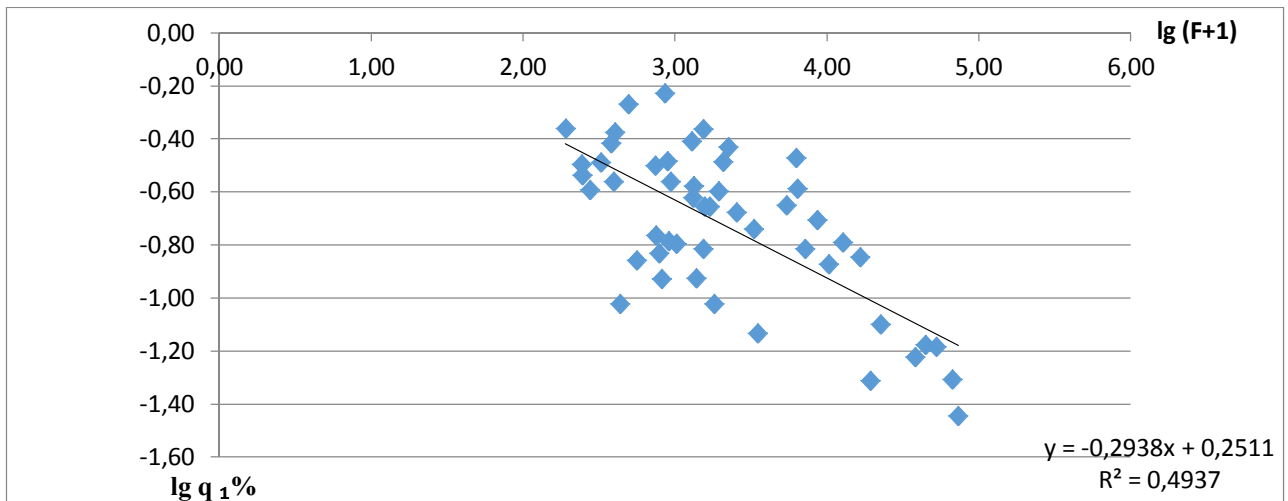


Рисунок 3.2– Залежність максимального модуля стоку $q'_{1\%}$ весняного водопілля від площі водозборів F , км²

Таким чином, при $n_1=0,29$

$$q_{1\%} = \frac{q'_{1\%}}{(F + 1)^{0,29}} \quad (3.11)$$

Оскільки максимальні модулі схилового припливу $q'_{1\%}$ можуть залежати від місцевих чинників (залісеності, заболоченості, карстових утворень й ін.), то необхідно за допомогою (3.8) оберненим шляхом визначити індивідуальні для кожного водозбору модулі схилового припливу $q'_{1\%}$.

$$q'_{1\%} = q_{1\%} (F + 1)^{0,29} \quad (3.12)$$

Обчислені модулі схилового припливу змінюються по території від 0,55

(р. Бахмут – м. Артемівськ) до 4,24 (р. Оскіл – с. Ніновка), $\text{м}^3/(\text{скм}^2)$. (Додаток А4)

Щодо заболоченості то в басейні Сіверського Дінця вона не є характерною особливістю підстильної поверхні. Залежності максимальних модулів схилового припливу $q'_{1\%}$, з одного боку, залісеністю і широтним положенням водозборів, з іншого, приведені на рисунку 3.3 і 3.4. Як видно, залісеність суттєво не впливає на тривалість схилового припливу і в цілому є незначущою ($r=0,05$). Широтне положення суттєво впливає на $q'_{1\%}$ ($r=0,39$), що є підставою для картування модулів схилового припливу (рис. 3.5).

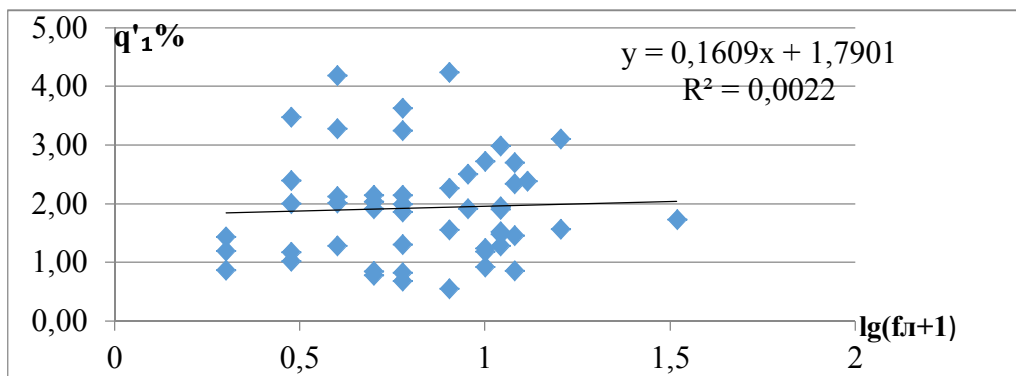


Рисунок 3.3 – Залежність максимальних модулів стоку весняного водопілля $q'_{1\%}$ від залісеності водозборів

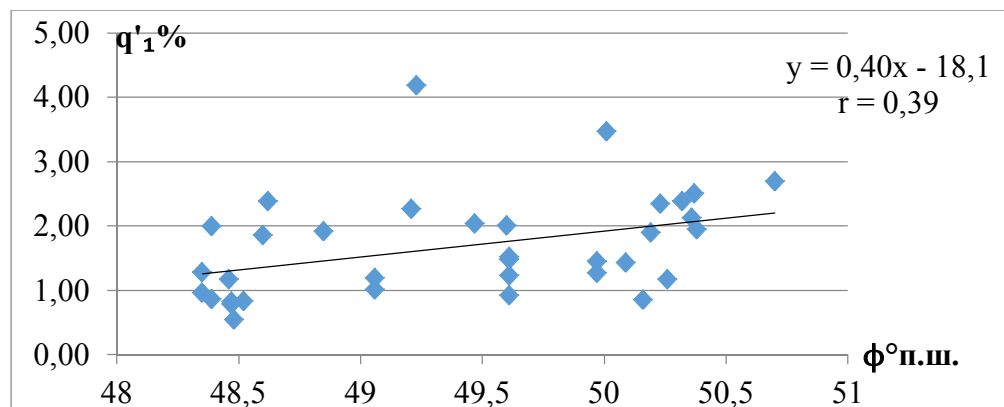


Рисунок 3.4 – Залежність максимальних модулів стоку весняного водопілля $q'_{1\%}$ від широтного положення водозборів ($\phi^{\circ} \text{п. ш.}$) річок басейну Сіверського Дінця

При картуванні $q'_{1\%}$ модулі схилового припливу відносились до геометричних центрів водозборів. Ізолінії проведені через 1 $\text{м}^3/(\text{скм}^2)$.

Змінюються модулі стоку $q'_{1\%}$ у напрямку з півночі на південь від 4 до 1 м³/скм².

Карта максимальних модулів стоку $q'_{1\%}$ наведена на рис. 3.5.

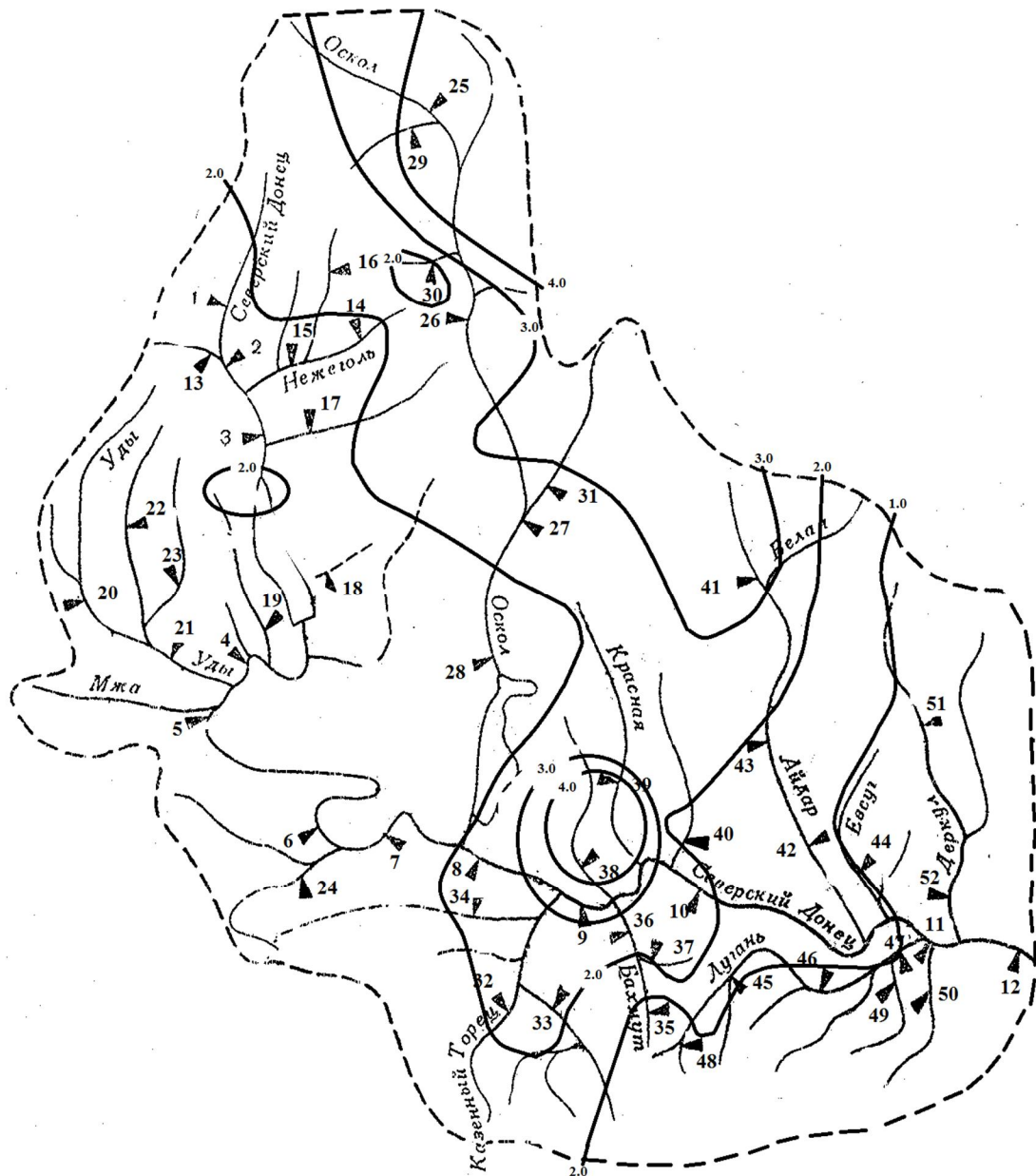


Рисунок 3.5 – Карта розрахункових модулів схилового припливу весняного водопілля $q'_{1\%}$ (м³/скм²) в басейні р. Сіверський Донець

3.3 Перевірочні розрахунки за методикою, що пропонується для визначення максимальних модулів стоку весняного водопілля

Розрахункова методика для визначення розрахункових модулів стоку весняного водопілля представлена рівнянням, яке має вигляд

$$q_{1\%} = \frac{q'_{1\%}}{(F+1)^{0,29}}, \quad (3.13)$$

де $q'_{1\%}$ - максимальні модулі схилового припливу забезпеченістю $P=1\%$, які представлені картою (рис.3.5).

Перевірка карти модулів максимального стоку весняного водопілля $q'_{1\%}$ в басейні Сіверського Дінця полягала у порівнянні розрахованих за формулою (3.12) модулів стоку з даними, отриманими при побудові карти максимальних модулів весняного водопілля забезпеченістю $P=1\%$. Результати перевірки представлені в додатку А5.

Відхилення картованих модулів максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець коливаються від 0 % (р. Оскіл - м.Куп'янськ) до 57% (р. Сіверський Донець - с.Протопопівка) при середньому значенні 13,8 %. Точність вихідних даних по наявних часових рядах становить 20,4 % (додаток А6), що майже відповідає вимогам СНіП 2.01.14-83.

Перевірочні розрахунки максимальних модулів стоку весняного водопілля $q_{1\%}$ в басейні р. Сіверський Донець, визначені за формулою (3.13), становлять в середньому 19,1% (додаток А7). Такі похибки відповідають СНіПу 2.01.14-83.

4. МЕТОД ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ДОВГОСТРОКОВИХ ПРОГНОЗІВ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІВНИННИХ РІЧОК

4.1 Методи прогнозів шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля

Як методична база для довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля (шарів стоку та максимальних витрат води) на річках в басейні Прип'яті використані регіональні залежності модульних коефіцієнтів шарів стоку чи максимальних витрат води від сумарних запасів води в сніговому покриві та весняних опадів, виражених відносно їх середньобогаторічних значень. Такі залежності встановлюються для річок, по яких є багаторічні ряди гідрометеорологічних спостережень у вигляді[9].

$$k_m = f(k_X), \quad (4.1)$$

де k_m – модульні коефіцієнти: для шарів весняного стоку $k_m = Y_m / Y_0$, де Y_m та Y_0 – шари весняного стоку та їх середньобогаторічні значення, мм; для максимальних витрат (модулів) води весняного водопілля $k_m = q_m / q_0$, де q_m та q_0 – максимальні модулі весняного водопілля та їх середньо багаторічні значення, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

Модульні коефіцієнти загальних запасів вологи, які беруть участь у формуванні весняного водопілля k_X , включають:

$$k_X = (S_m + X_1 + X_2) / (S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}), \quad (4.2)$$

де S_m та S_0 – значення середніх на водозборах максимальних снігозапасів та їх норма, мм;

X_1 і X_{1_0} – рідкі опади періоду весняного сніготанення та їх норма, мм;

X_2 і X_{2_0} – рідкі опади періоду спаду водопілля та їх норма, мм (враховуються при прогнозі шарів стоку водопілля).

Процес формування весняного тало-дощового стоку на річках складний і багатофакторний, тому на графіках залежності має місце розкид точок, обумовлений у кожному році різним сполученням гідрометеорологічних факторів, які впливають на умови сніготанення та водопоглинання у річковому басейні в період весняного водопілля. У зв'язку з цим в основу побудови прогнозних залежностей для визначення шарів весняного стоку чи максимальних витрат води покладено типізацію водопіль за їх водністю (багато-, середнє- чи маловодне). При цьому використано апарат багатовимірної статистичної моделі – дискримінантної функції, яка враховує комплекс факторів формування весняного водопілля.

Багатовимірна модель дискримінантного аналізу застосовується в тих випадках, коли потрібно вихідну вибірку поділити на групи за вектором змінних ознак (вектором – предиктором). Лінійна дискримінантна функція (DF) записується у вигляді:

$$DF = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m, \quad (4.3)$$

де $A = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_m)$ – вектор коефіцієнтів дискримінантної функції;

$X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ - вектор ознак (вектор – предиктор);

m - кількість вимірюваних ознак ($j = 1, 2, \dots, m$).

Можливість достовірної дискримінації або розподілення весен за типами водності залежить від того, наскільки вдало обрані фактори, що описують процес формування стоку весняного водопілля у досліджуваному регіоні.

При застосуванні моделі дискримінантного аналізу попередньо необхідно розбити вихідну вибірку на класи (групи) за тією або іншою ознакою. Стосовно до поставленої задачі, приналежність предиктанта (модульних коефіцієнтів шарів весняного стоку чи максимальних витрат води) до того чи іншого класу визначається за положенням точок на графіках зв'язку $k_m = f(k_X)$.

У вектор-предиктор дискримінантної функції можуть бути включені такі чинники водопілля, як сумарні запаси вологи на водозборі, що беруть участь у формуванні весняного водопілля, індекси зволоження ґрунтів і глибини їх промерзання та інші, виражені в модульних коефіцієнтах, температурні характеристики зимово-весняного періоду.

За знаком дискримінантних рівнянь (більше або менше нуля) водопілля на річках можна диференціювати по типах водності. Так, коли дискримінантна функція $DF1 > 0$, то слід очікувати формування весняного водопілля вищим за норму. Якщо ж $DF1 \leq 0$, а $DF2 \geq 0$, то водопілля буде розвиватися за ситуацією, коли очікуються об'єми чи максимуми весняних водблизькими до норми. У випадку, коли $DF1 < 0$ і $DF2 < 0$, водопілля буде нижчим за норму.

Побудовані прогностичні зв'язки вигляду (4.2) можна описати рівняннями поліномів 3 – го ступеня у вигляді

$$k_m = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3, \quad (4.4)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти поліному, які підлягають встановленню для кривих відповідно до знаку дискримінантних рівнянь.

При встановленні за прогнозною методикою очікуваних модульних коефіцієнтів k_m знаходяться самі величини:

– шарів весняного стоку

$$Y_m = k_m Y_0; \quad (4.5)$$

– максимальних витрат води

$$Q_m = k_m Q_0 = k_m q_0 F, \quad (4.6)$$

де Y_0 або $Q_0 (q_0)$ – норма шарів весняного стоку або максимальних витрат (модулів) води;

F – площі водозборів річок, км².

Територіальний прогноз тут пов'язаний з можливістю розрахунку середнього багаторічного шару стоку Y_0 або максимального модуля весняного водопілля q_0 . За наявності тривалих стокових спостережень норми весняного водопілля розраховуються для кожної конкретної річки за часовим рядом спостережень:

– для шарів стоку водопілля

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}, \quad (4.7)$$

– для максимальних витрат або їх модулів

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_{m_i}}{n}, \quad (4.8)$$

де Y_i або q_{m_i} – шари стоку або максимальні модулі водопілля i -х років;

n – кількість років спостережень.

При коротких часових гідрологічних рядах спостережень на річках або взагалі за їх відсутності норма шарів весняного стоку може бути визначена при регіональних узагальненнях її, наприклад, за картою розподілу Y_0 по досліджуваній території [10].

Що стосується величини максимальних витрат води або їх модулів, то у зв'язку з редуцією по площі водозборів, прямого узагальнення цієї величини для низки річок з різними розмірами басейнів виконати не можливо. Даний метод територіального прогнозу максимуму водопілля дозволяє розраховувати величину q_0 в рамках моделі типового одноmodalного гідрографа у вигляді

$$q_0 = q'_0 \Psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r, \quad (4.9)$$

де q_0 – середній багаторічний модуль максимального стоку;

q'_o – середній багаторічний модуль максимальної витрати води схилового припливу;

$\psi(t_p/T_o)$ – трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання;

ε_F – коефіцієнт русло-заплавного регулювання;

r – коефіцієнт трансформації водопіль під впливом озер і водосховищ руслового типу.

4.2 Методика визначення забезпеченості прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля

В гідрологічній практиці прогнози стоку представляються у вигляді очікуваних величин з наведенням ймовірнісної похибки, яка з ймовірністю 50% визначає довірні межі інтервалу, в якому знаходиться дійсне значення прогнозної величини. Можливе й надання прогнозних величин стоку води різної ймовірності з відповідними довірними межами[11].

Запропонований метод територіального довгострокового прогнозу шарів стоку і максимальних витрат води весняного водопілля передбачає використовувати його для річок не досить добре вивчених у гідрологічному відношенні, тобто для річок, на яких спостереження за стоком не відбуваються. Тому є актуальним питання встановлення забезпеченості або ймовірності перевищення прогнозних величин у багаторічному розрізі.

При наявності багаторічних рядів стокових спостережень задача визначення ймовірності настання шарів стоку або максимальних витрат води водопілля (P %) вирішується шляхом побудови емпіричних кривих забезпеченості модульних коефіцієнтів. У прогнозному варіанті модульні коефіцієнти або знаходяться по відповідних залежностях.

При територіальному прогнозуванні, коли можливий прогноз характеристик водопілля й для невивчених річок або при коротких рядах стокових спостережень на них, встановлення забезпеченості прогнозних величин Y_m або

може бути здійснено шляхом статистичної обробки стокових рядів спостережень. При цьому величини коефіцієнтів варіації шарів стоку та максимальних витрат води водопіль для частини території, яка забезпечена даними гідрометеорологічних вимірювань, можуть бути картовані або представлені залежністю коефіцієнтів варіації від географічного положення водозборів або їх розмірів.

Встановлення забезпеченості прогнозних характеристик весняного водопілля може бути здійснено, використовуючи криву трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля (для середнього по території значення C_s / C_v) [8].

Забезпеченість прогнозних величин Y_m або Q_m представляється у вигляді і

$$P_1 < P_{Y(Q_m)} < P_2 \quad (4.10)$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості, які встановлюються за таблицями.

4.3 Картографічна форма представлення прогнозів

В гідрологічній практиці для наявного представлення будь – якої величини у просторовому розподілі будують карти розподілу цих величин по території [12]. Це відноситься як до факторів, що формують весняне водопілля (максимальні запаси вологи в сніговому покриві, глибини промерзання ґрунтів та дати їх настання, температури повітря та ін.), так і до прогнозних величин або ж тільки для шарів весняного стоку.

Очікувані значення максимальних витрат води не можуть бути безпосередньо представлені у вигляді карта – схем в зв'язку з залежністю не тільки максимальних витрат води, а й їх модулів від розмірів водозборів. Тому в даному методі прогнозу гідрологічних характеристик весняного водопілля на річках пропонується оцінювати розміри очікуваного водопілля у кожному році на підставі карта – схем, побудованих для відносних величин –

модульних коефіцієнтів весняного водопілля (шарів стоку kY та максимальних витрат води kq), що особливо є корисним для невивчених у гідрологічному відношенні річок. Модульний коефіцієнт нижньою межею має 0, а при $kq (kY) = 1,0$ його значення співпадає з середньою багаторічною величиною (нормою). Якщо прогнозований модульний коефіцієнт $kq (kY) < 1$, то максимальні витрати (шари стоку) водопілля будуть нижчими за норму, якщо ж $kq (kY) > 1$, то водопілля очікується вищим за норму, а якщо ж $kq (kY)$ знаходиться в межах одиниці, то водопілля буде близьким до норми. Так, наприклад, при $P = 20\%$ водопілля буде спостерігатися один раз у 5 років, при $P = 1\%$ – один раз у 100 років і т.д. Але ж інакше обстоїть справа, коли гідрологічні вимірювання на річках обмежені або відсутні у доволі значному регіоні. Тоді, як розробка методики характеристик весняного водопілля за традиційними методами, так і побудова картосхем прогнозних величин просто технічно не можлива. Автором пропонується методика прогнозів характеристик весняного стоку річок.

4.4 Визначення чинників весняного водопілля

Найбільш надійно можуть бути визначені такі фактори, як опади періоду весняного водопілля. Беруться опади у вигляді нормованої величини. Завдання ж прогнозу весняного стоку річок полягає у визначення водопоглинаючої спроможності річкового басейну перед початком сніготанення і прогнозу втрат води в період розвитку весняного водопілля.

У період весняного водопілля основним джерелом живлення річок є запаси води в сніговому покриві, які накопичилися до початку весни й опади, що випадають у період танення снігу і потім ж до закінчення водопілля

Сніг розподіляється на поверхні водозбору вкрай нерівномірно. Характер розподілення залежить від типу підстильної поверхні (рельєфу, рослинності) і метеорологічних умов періоду снігонакопичення в кожному конкретному році.

Різним є також співвідношення снігу на відкритих частинах басейну й у

лісі. Так, А.Д. Дубах і Г.Д. Рхтер приходили до висновку, що снігу накопичується на полях більше, ніж у лісі. Таке явище вони пояснюють затримкою значної частини снігу кронами дерев і швидкого його випаровування[13].

На думку інших авторів – на початку весни снігу в лісах накопичується більше, ніж у полі. Про це свідчать значення коефіцієнтів снігонакопичення k_l у лісах різноманітної породи в різних фізико – географічних районах.

На відкритих і залісених ділянках середні зважені значення максимальних запасів води в снігу (S_m) на водозборах з урахуванням нерівномірності снігонакопичення обчислюються за формулою

$$S = S_n(1 - f_l) + S_n k_l f_l \quad (4.11)$$

або у вигляді

$$S = S_n [1 + f_l (k_l - 1)], \quad (4.12)$$

де f_l – залісеність водозборів (у частках від загальної її площі);

k_l – співвідношення снігозапасів у лісі і полі, яке за даними вимірювань у басейнах південної частини лісної і лісостепової зон складає величину близько 1.10-1.15.

Запаси, що залишились після відлиги, утворюють додатковий запас вологи до початку весняного танення снігу і дорівнюють

$$\Delta S_{зал} = (S + X)_{від} - Y_{zn} - \Delta W_3, \quad (4.13)$$

де $S_{від}$ і $X_{від}$ – снігозапаси на початок відлиги і опади за відлигу, мм;

Y_{zn} – шар стоку за зимовий паводок, мм;

ΔW_3 – накопичення запасів ґрунтової вологи за відлигу, мм.

Загальний запас води у сніговому покриві буде визначатися за формулою:

$$S_m = S_n [1 + f_l (k_l - 1)] + S_{кк} + \Delta S_{зал}. \quad (4.14)$$

Ступінь нерівномірності залягання може бути охарактеризована за допомогою типових кривих забезпеченості величин снігозапасів, які описуються функцією гама – розподілу:

$$P(S) = \alpha^\alpha S^{\alpha-1} e^{-\alpha S} / \Gamma(\alpha), \quad (4.15)$$

де $\alpha = 1/C_v^2$;

C_v – коефіцієнт варіації запасів води у снігу по площі (для степової і лісостепової зон можна прийняти $C_v=0.45$ і $C_s=2C_v$);

S – середній по площі запас води у сніговому покриві, мм.

Для одержання однорідних рядів спостережень необхідно виконувати їх ув'язування шляхом введення поправки на збільшення запасів води в сніговому покриві, вимірюваних до зими 1965-1966 років. На басейнах рівнинних річок України, ця поправка складає 5 % [14].

Підрахунок середніх по басейнах максимальних запасів води в сніговому покриві проводився за формулою (4.11), де S обчислено за даними репрезентативних метеостанцій за вимірами в полі

$$S_{m_i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_j, \quad (4.16)$$

де S_j – максимальні снігозапаси по окремих пунктах їх виміру у межах водозбору;

m – кількість вимірювальних пунктів снігозапасів.

Максимальні запаси води у сніговому покриві перед весняним сніготаненням доцільно включати у прогнозну схему у вигляді модульних коефіцієнтів

$$(k_S)_i = \frac{S_{m_i}}{S_0}, \quad (4.17)$$

де S_{m_i} – значення середніх на водозборі максимальних снігозапасів в i -му році;

S_0 – норма макимальних снігозапасів на водозборі

$$S_0 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_{0j}, \quad (4.18)$$

де S_{0j} – середні багаторічні значення максимальних снігозапасів на j -ому пункті:

Опади періоду весняного водопілля.

До прибуткової частини балансу весняного водопілля належать рідкі опади на поверхню снігу, який тоне (X_1) та на ґрунт, який звільнився від снігу (X_2).

Найбільші коефіцієнти стоку від опадів спостерігаються наприкінці сніготанення, коли ґрунт досить вологий, а безстічні ємності на басейні в основному заповнені водою.

Після сходу снігу на басейні і розмерзання ґрунту коефіцієнти стоку поступово убувають з ростом кількості днів від дати сходу снігу до дати випадіння дщів.

При розробці методів довгострокових прогнозів елементів весняного водопілля вважають, що опади у період від дати накопичення максимальних снігозапасів до дати сходу снігу (X_1) і поталі води стікають майже з однаковими втратами та звично підсумовуються з максимальними запасами води в сніговому покриві і крижаній кірці ($S_m + X_1$). Коефіцієнти стоку від опадів у період після сходу снігу і до кінця водопілля (X_2) не постійні за рахунок збільшення водопроникності ґрунтів внаслідок їх відтанення. У балансових розрахунках величина опадів X_2 ураховується з деяким коефіцієнтом k , який дорівнює

$$k = \bar{\eta}_\partial / \bar{\eta}_T, \quad (4.20)$$

де $\bar{\eta}_\partial$ і $\bar{\eta}_T$ – середні багаторічні значення коефіцієнтів дощового і поталого стоку для даного басейну.

За даними багаторічних спостережень на іізних водозборах значення коефіцієнту k змінюється у межах 0.3–0.5.

В методах територіальних прогнозів опади доцільно враховувати у вигляді їх мдульних коефіцієнтів, як і нігозапаси в (4.17). В цьому випадку необхідним є визначення середніх багаторічних величин опадв X_{1_0} та X_{2_0} , яке виконується за формулами, аналогічними (4.18) і (4.19) для величин рідких опадів періоду сніготанення X_1 і спаду весняного водопілля X_2 .

Для рівнинної частини України отримана залежність норм падів X_{1_0} від середньої тривалості періду їх підсумовування T_{X_1}

$$X_{1_0} = 0.77T_{X_1} + 7, \quad (4.21)$$

в свою чергу T_{X_1} (діб) узагальнено по басейнах

$$T_{X_1} = 2.0(\varphi^\circ - 50) + 28, \quad (4.22)$$

З метою узагльнення опадів, що випадають після сходу снгу з поверхні водозборів та обумовлюються тривалістю спаду водопіль T_{X_2} (діб) отримана залежність

$$X_{2_0} = 1.09T_{X_2} + 3.35, \quad (4.23)$$

а самі значення T_{X_2} можуть бути отримані за розмірами водозборів

$$T_{X_2} = 10 \lg(F + 1), \quad (4.24)$$

де F — площа водозборів, км².

Рзмір поверхневої затримки в умовах південної частини лісостепу і степової зони складається з ємності різноманітних знижень рельєфу і мікрорельєфу, перехоплення опадів рослинністю з врахуванням розораності території і, нарешті, втрат води на змочування частинок і заповнення значних некапілярних пор у верхньому 3–4 см шарі ґрунту.

Втрати води на інфільтрацію визначаються головним чином передвесняною вологістю ґрунтів (W). Вплив глибини промерзання на водопоглинаючу спроможність ґрунтів проявляється при невеликих її значеннях, тому що виникають додаткові втрати на інфільтрацію на ділянках з слабким промерзанням ґрунтів.

Величина запасу продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту найчастіше показником зволоження ґрунтів перед початком весняного сніготанення є, яка вимірюється наприкінці зими (W).

Використання осінньої вологості ґрунтів (W_{oc}) можливе лише з урахуванням поповнення вологозапасів ґрунту в періоди зимових відлиг, які досить часто спостерігаються на досліджуваній території. Розрахункова передвесняна вологість визначається по балансових рівняннях

$$W = W_{oc} + \Delta W_3, \quad (4.25)$$

причому

$$\Delta W_3 = a \sum \theta_+ - z_0 S_{від} + X_{від} - Y_{від}, \quad (4.26)$$

де ΔW_3 – зміна запасів вологи в ґрунті у зимовий період за рахунок відлиг, мм;

$a \sum \theta_+$ – шар снігу, який розтанув за відлигу, мм;

a – коефіцієнт танення снігу за періоди відлиг, прийнятий на рівні 2.5 мм/°C на добу [19];

$\sum \theta_+$ – сума плюсових середніх добових температур повітря за відлигу, °C;

$z_0 S_{від}$ – шар води, утримуваний у товщі снігу перед відлигою ($S_{від}$), мм;

z_0 – коефіцієнт спроможності снігу, який утримує вологу, прийнятий рівним 0.13;

$X_{від}$ – сума дощових опадів за відлигу, мм;

$Y_{від}$ – шар стоку за паводок від відлиги, мм.

У випадках нестачі або відсутності даних прямих вимірювань вологості ґрунтів її розрахунок можна вести за рівнянням водного балансу для шару

грунту за деякий попередній час (найчастіше це дата стійкого переходу температури повітря через 0 °С восени або початку сніготанення - весною)

$$W_k = W_n + X - E + \Delta W_z, \quad (4.27)$$

де W_n і W_k – запаси вологи у шарі ґрунтів 0-100 см на початок і кінець розрахункового періоду, мм;

X і E - опади і випаровування за i -й інтервал часу, мм;

В якості показника втрат води у період весняного водопілля (для річок лісової зони надлишкового зволоження) може бути прийнята інтегральна характеристика зволоження водозборів – середній осінній або осінньо–зимовий річковий стік, який визначається вологонасиченістю басейну, що в основному залежить від сумарних запасів вологи в зоні аерації, ґрунтових і болотних водах. За даними О.І.Крестовського задовільні залежності установлені між запасами вологи у метровому шарі ґрунту на кінець листопаду та стоком за осінньо-зимовий період.

В територіальних методах прогнозу весняного стоку може бути використаний середній річковий модуль стоку з вересня попереднього по січень поточного (q_{09-01} , л/с км²) року, віднесений до його норми (q_{09-01})₀

$$(k_{q_{09-01}})_i = \frac{(q_{09-01})_i}{(q_{09-01})_0}, \quad (4.28)$$

де (q_{09-01})_i- середній модуль стоку з вересня по січень для i -ї весни, л/(с·км²).

За відсутності спостережень прийняту характеристику зволоження ґрунтів можна визначити за встановленими залежностями середнього модуля стоку з вересня по січень q_{09-01} від широти геометричних центрів тяжіння водозборів. Так, для норми (q_{09-01})₀ отримане рівняння

$$(q_{09-01})_0 = 1,19 (\varphi^0 - 50) + 2,16 \quad (4.29)$$

де $(q_{09-01})_0$ – середні багаторічні значення середніх модулів стоку з вересня попереднього по січень поточного років, л/(с·км²).

В якості індексу передвесняного стану басейнів може бути прийнятий передпаводкова витратаводи або середній місячний річковийстік, в попередній від початку водопілля місяць $(Q_{ng}, \text{ м}^3/\text{с})$. У вигляді модульного коефіцієнту, значення Q_{ng} відноситься до норми витрати води цього ж місяця $(Q_{ng})_0$

$$(k_{q_{ng}})_i = \frac{(Q_{ng})_i}{(Q_{ng})_0}, \quad (4.30)$$

де $(Q_{ng})_i$ – середня витрата води i -го місяця перед весняним водопіллям, м³/с.

За відсутності багаторічних даних будуються залежності норм витрат в попередній від початку водопілля місяць від площ водозборів $(Q_i)_0 = f(F)$.

За відсутності спостережень можливо відновлення рядів $(q_{09-01})_i$ шляхом побудування для кожного i -го року залежностей типу (4.30) або для $(Q_{ng})_i$ їх зв'язок з площами водозборів.

Глибина промерзання ґрунтів є важливим фактором, який визначає наявність льоду у порах ґрунту при даному їх зволоженні. Процес промерзання ґрунту інтенсивно відбувається на початку зими, коли висота снігового покриву є не значною, а надалі інтенсивність промерзання сповільнюється. Роль глибини промерзання ґрунту пов'язана з утриманням осінніх вологозапасів у верхніх шарах ґрунту, а також із створенням умов для зимової міграції вологи з більш теплих нижніх горизонтів ґрунту до верхнього шару, який промерзає. Чим раніше і глибше промерзне ґрунт, тим більше збережеться в ньому осінньої вологи, тим більш значним буде поповнення вологи за рахунок міграції, а отже меншими будуть утрати талої води, у порівнянні з втратами на непромерзлих ділянках.

Глибина промерзання ґрунту оцінюється за вимірюванням її у польових умовах або розраховується за даними негативних температур повітря і висоти снігу [19].

Розподіл за площею глибини промерзання ґрунтів знаходиться в оберненому зв'язку з відповідним розподілом снігозапасів – більшим снігозапасам відповідає менша глибина промерзання ґрунтів на басейні.

Для розробки методики прогнозу весняного стоку використовують дані за максимальною глибиною промерзання ґрунту наприкінці зими, осереднені по водозборах і з урахуванням даних усіх пунктів спостережень, розташованих у їх межах

$$L_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_j, \quad (4.31)$$

де L_j – максимальні глибини промерзання ґрунтів по окремих пунктах їх виміру у межах водозбору, см;

m – кількість вимірювальних пунктів глибин промерзання.

У територіальних методах доцільно приймати значення глибин промерзання, які віднесені до їх норм, тобто

$$(k_L)_i = \frac{L_i}{L_0}, \quad (4.32)$$

де L_i – середнє по водозбору значення максимальної глибини промерзання ґрунту для i -го року, см;

L_0 – норма глибини промерзання наводозборі

$$L_0 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m L_{0j}, \quad (4.33)$$

де L_{0j} – середнє багаторічне значення глибин промерзання ґрунтів у j -му пункті спостережень, см;

m – кількість пунктів спостережень за промерзанням ґрунтів на водозборі.

5. ДОВГОСТРОКОВІ ПРОГНОЗИ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

5.1 Схема довгострокового прогнозування шарів стоку весняного водопілля

З метою складання оперативних прогнозів шарів стоку водопілля була розроблена комп'ютерна обчислювальна технологія, що дозволяє формувати базу вихідних гідрометеорологічних даних, які використовуються в методиці територіальних довгострокових прогнозів гідрологічних характеристик весняного стоку, розраховувати середні по водозборах фактори водопілля, що включені в дискримінантні рівняння при встановленні водності очікуваної весни, складати прогноз шарів весняного стоку та виконувати його оцінку у поточному режимі випуску на рівнинних річках України [20].

Порядок складання прогнозу шарів стоку весняного водопілля за гідрометеорологічними даними

Схема довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля на річці Сіверський Донець розглядається на прикладі зимово-весняного періоду 2017–2018 рр. Вихідні гідрометеорологічні матеріали спостережень за факторами водопілля, рівнями та витратами води в річках у зимово–весняний період 2017–2018 рр. отримані за даними оперативної інформації Українського Гідрометцентру при використанні програмного комплексу – автоматизоване робоче місце гідролога-прогнозиста (АРМ–гідро).

Етапи оперативного довгострокового прогнозування шарів весняного стоку та максимальних витрат води весняного водопілля на річках:

– аналіз умов формування весняного водопілля поточного року ;

– збір базової та оперативної інформації у поточному році (при використанні АРМ-гідро);

– складання прогнозу шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля в залежності від передбачення типу розвитку весняних процесів;

– встановлення ймовірності настання прогнозних величин у багаторічному розрізі;

– побудова карт прогнозних величин модульних коефіцієнтів шарів стоку та максимальних витрат води, і їх забезпеченостей;

– оцінка прогнозу шарів стоку та максимальних витрат води водопілля.

Розрахунок факторів весняного водопілля і складання прогнозу шарів стоку та максимальних витрат води водопілля здійснюється по запропонованій методиці територіального довгострокового прогнозу характеристик весняного водопілля.

Аналіз умов формування весняного водопілля 2017–2018 р. за даними Українського гідрометцентру ДСНС України

Характер та параметри весняного водопілля в басейні Сіверського Дінця визначаються:

- попереднім тривалим періодом аномально теплої погоди першої половини зими, яка утримувалася до кінця першої декади січня; пізніми строками (до 1,5 місяця пізніше середніх) переходу температури повітря через 0°C у бік від'ємних значень (стійкий перехід відбувся 8 -10 січня);

- значною мінливістю атмосферних процесів (зимовий режим погоди перервався 28 січня-2 лютого короткою інтенсивною відлигою);

- достатньою кількістю опадів за листопад – грудень (яка була близькою та вищою за середні показники, більша частина їх випала у вигляді дощу), що разом із таненням снігового покриву в кінці грудня обумовило загальне підвищення водності більшості річок після періоду пониженої літньо-осінньої межени.

- Такі погодні умови визначили нестабільне і нерівномірне снігонакопичення, неглибоке промерзання ґрунту, збільшення запасів вологи у ньому, порівняно з осіннім періодом, формування підвищеної водності річок, пізні строки льодоутворення, яке супроводжувалося заторно-зажорними явищами.

Снігонакопичення відбувалося двома періодами:

– В кінці другої – напочатку третьої декади грудня. Перший грудневий сніговий покрив до кінця 2017 р. розтанув повністю.

- Основне снігонакопичення розпочалося з середини січня - внаслідок виходу кількох південних циклонів. За даними снігомірних зйомок 20 і 25 січня сніговий покрив висотою переважно до 20-40 см на території Сіверського Дінця. Відлига наприкінці січня зумовила сніготанення.

Середні по басейнах річок запаси води у сніговому покриві станом на 20 лютого дорівнювали (у мм і відсотках норми на цю дату):

- Сіверського Дінця до Лисичанська 23 мм (79%);

- Осколу 39 мм (93%);

лівих приток Сіверського Дінця у Луганській області 41 мм(178%);

Станом на 5 березня сніговий покрив спостерігався висотою до 100 см.

Максимальне снігонакопичення на території басейну Сіверського Дінця спостерігалось 25-30 березня. Сніговий покрив коливався від 40 до 140 мм. Модульні коефіцієнти снігового покриву на дату Sm25.03.2018 р. приводяться у вигляді карти на рисунку 5.1.

Підстильна поверхня характеризується промерзанням ґрунту до 56 см. Запаси вологи у метровому шарі ґрунту на кінець осені 2017 р. – 50-100 мм (менше норми). Внаслідок опадів у листопаді-грудні і відлиг відбулося їх поповнення. За визначеннями 8 лютого запаси вологи у ґрунті стали переважно більшими за середні показники. Модульні коефіцієнти промерзання ґрунту на дату Sm приводяться у вигляді карти на рисунку 5.2.

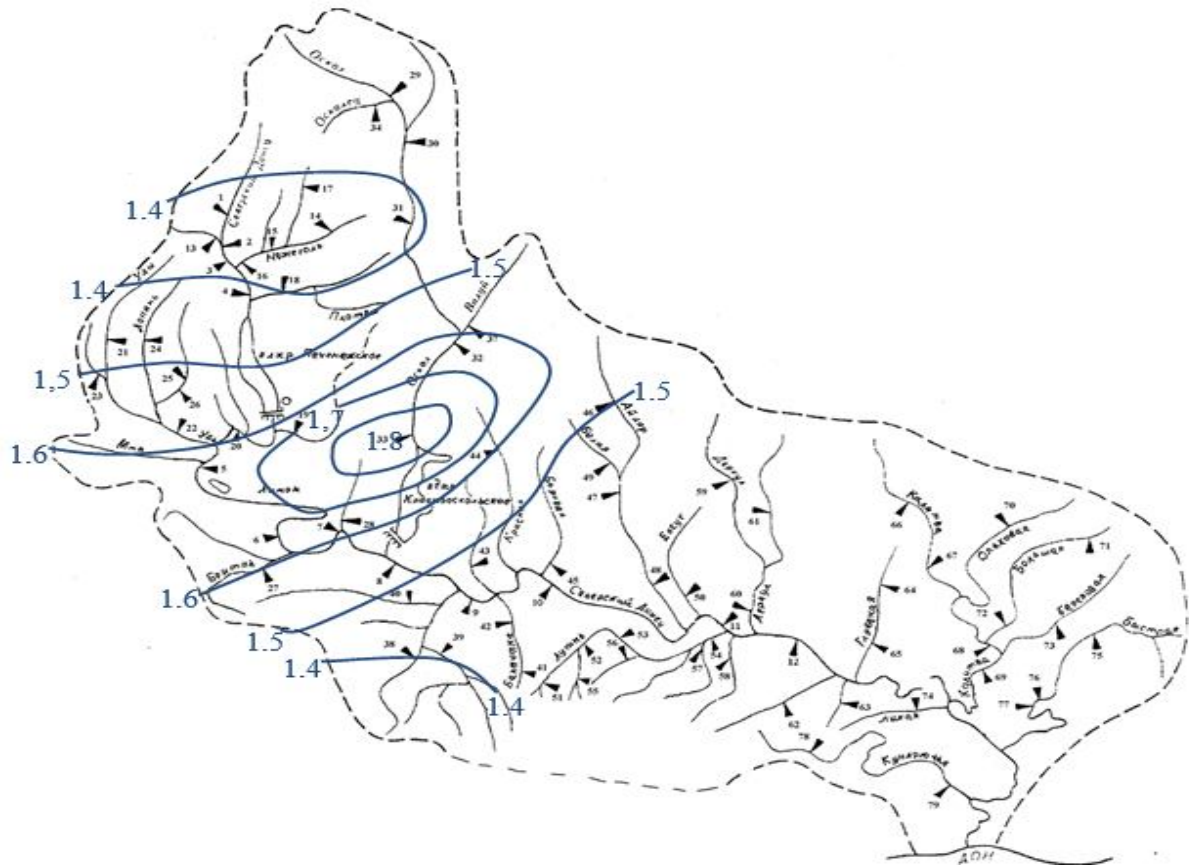


Рисунок 5.1 - Модульні коефіцієнти снігового покриву на дату Sm 25.03.2018 р.

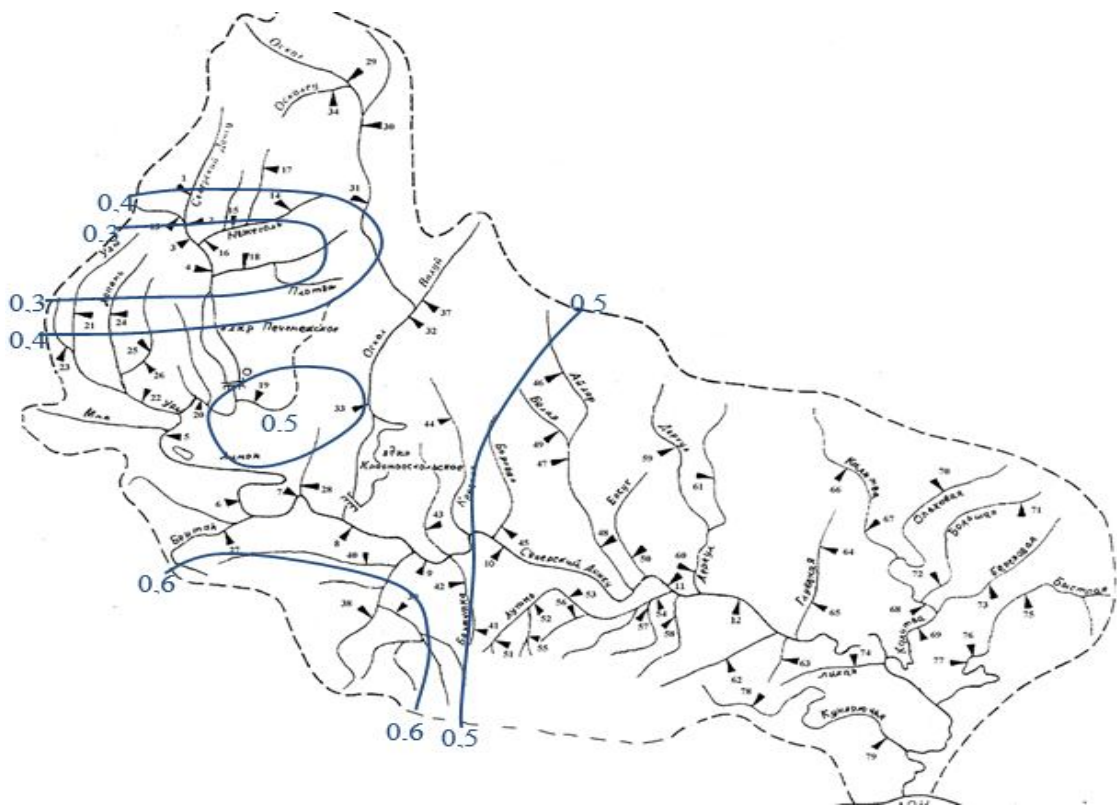


Рисунок 5.2 - Модульні коефіцієнти промерзання ґрунту на дату 10.03.2018 р.

Негативні наслідки, які можливі під час водопілля на рівнинних річках 2018 р.

1. Проходження водопілля весною 2018 р. супроводжуватиметься виходом води на заплаву та утриманням води на ній, що є природнім процесом. Найбільш ймовірно це відмічатиметься на Сіверському Дінці, Осколі, малих річках Харківської області, Айдарі та Деркул.
2. Досягнення і перевищення небезпечних відміток часткового затоплення територій, прирічкових населених пунктів, господарських об'єктів та інфраструктури можливі:
3. При інтенсивному розвитку весняного водопілля можливе досягнення позначок підтоплення населених пунктів: у Харківській області - водами Сіверський Донець у Чугуївському районі; у Луганській області - водами Сіверського Дінця (дачні селища на околиці м.Сєверодонецьк); водами р. Красна ряду сіл в Кременському, Сватівському, Троїцькому районах; водами р. Айдар ряду сіл в Новопсковському, Старобільському районах.

На р. Сів.Донецьстаном на 3 квітня 2018 р. у створах гідропостів Зміїв та Ізюм, на малих річках Харківської області, на р.Айдар (пост Новоселівка), р.Євсуг (пост Петропавлівка) вода вийшла на заплаву. На р. Деркул вода утримується на заплаві, поточний рівень досяг небезпечних позначок.

Станом на 28 березня продовжується ріст рівнів води з помірною інтенсивністю; на ряді річок вода вийшла на понижені ділянки заплав та утримується на ній.Можливе досягнення небезпечних відміток (локально).

Прогнози (консультації) максимальних рівнів водопілля складені для річок, у басейнах яких на дату випуску прогнозу зберігається сніговий покрив.

За даними Держводагенства у басейні Сіверського Дінця водосховища працюють згідно зі встановленими режимами, їх вільна ємність складає 15-20 % від проектної. Гідротехнічні споруди знаходяться у задовільному стані і водосховища планується заповнити до проектних позначок під час проходження водопілля.

Схема складання прогнозів шарів стоку весняного водопілля за наявності та відсутності гідрологічних даних на річках

Формування бази вихідних даних та оперативних матеріалів.

При складанні довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля необхідна наступна базова інформація (табл.5.1).

а) Морфометричні та басейнові характеристики опорних водозборів:

– їх площі, F , км²;

– залісеність водозборів f_l , в частках від площ водозборів F ;

– заболоченість водозборів, f_b , в частках від площ водозборів F ;

– географічна широта геометричних центрів водозборів φ ° півн.ш. або в частках град.;

– приналежність гідрологічного поста до однорідного за умовами формування весняного водопілля району, відповідно районуванню, де зберігається сталість параметрів прогнозованої схеми [21].

б) Середньобагаторічні величини вихідних даних.

– шарів стоку весняного водопілля Y_0 , мм, отриманих по часових рядах стокових спостережень Y_i по ній за n років

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (5.1)$$

або картосхема розподілу Y_0 по території (рис 5.3).

Отримати значення Y_0 , використовуючи картосхему, можна по значеннях середньобагаторічних величин шарів весняного стоку $(Y_0)_{карт}$, які зняті з картосхеми, за рівнянням :

$$Y_0 = (Y_0)_{карт} \cdot k_l k_b \cdot \quad (5.2)$$

Таблиця 5.1 – Базова інформація для довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля на опорних водозборах рівнинних річок України (середньобагаторічні гідрометеорологічні величини прийняті як норма по 2000 р.) басейну р.Сіверський Донець

Номер поста	Річка–пост	F, км2	fл, %	fб, %	φ, в частках град.	S ₀ , мм	X ¹ ₀ , мм	X ² ₀ , мм	(S ₀ +X ¹ ₀ +X ² ₀), мм	L ₀ , см	(q ₀₉₋₀₁) ₀ , л/(с·км2)	Y ₀ , мм	(Cv)Y	σ _Y , мм	(δ _{дон}) _Y , мм
150	р. Сіверський Донець –м.Чугуїв	10300	10	1	50.33	72	27	27	126	62	1.38	25	0.88	23	15
151	р. Сіверський Донець –м.Зміїв	16600	12	1	50.17	68	27	30	125	71	1.67	42	0.65	22	15
153	р. Сіверський Донець – м.Ізюм	22600	11	1	50.08	61	37	39	137	69	1.58	37	0.63	18	12
165	р.Оскіл – м.Куп'янськ	12700	8	1	50.5	61	29	34	124	75	1.68	47	0.60	25	17
167	р.Кривий Торець – смт Олексієво-Дружківка	1530	3	0	48.33	42	22	25	89	53	2.94	21	0.73	15	10

Продовження табл. 5.1

Номер поста	Річка-пост	F , км ²	f_l , %	f_b , %	φ , в частках град.	S_0 , мм	X_{1_0} , мм	X_{2_0} , мм	$(S_0+X_{1_0}+X_{2_0})$,	L_0 , см	$(q_{09-01})_0$, л/(с·км ²)	Y_0 , мм	$(C_v)_Y$	σ_Y , мм	$(\delta_{don})_Y$, мм
170	р.Бахмутка – м.Сіверськ	1560	5	0	48.5	42	36	32	110	50	1.78	21	0.91	19	13
171	р.Жеребець – с.Торське	857	3	1	49.17	34	36	27	97	69	1.57	26	0.95	27	17
172	р.Красна – с.Червонопопівка	2540	4	1	49.35	41	39	31	111	75	1.04	32	0.84	26	18
174	р.Айдар – с.Новоселівка	6370	3	1	49.5	54	43	30	127	70	1.11	34	0.78	28	19
179	р.Лугань – м.Луганськ	3510	4	1	48.42	44	29	27	100	60	2.44	22	0.81	16	11

Для визначення коефіцієнтів впливу заболоченості k_{σ} і залісеності $k_{л}$ на середньобагаторічні величини шарів стоку використовуються рівняння:

$$k_{\sigma} = 1 - 0.081 \cdot \lg(f_{\sigma} + 1); \quad (5.3)$$

$$k_{л} = 1 + 0.070 \cdot \lg(f_{л} + 1), \quad (5.4)$$

де f_{σ} і $f_{л}$ – заболоченість і залісеність водозборів річок, що наведені в табл.5.1.1;

– максимальних запасів води у сніговому покриві або картосхема розподілу по території величин S_0 (рис 5.4), мм;

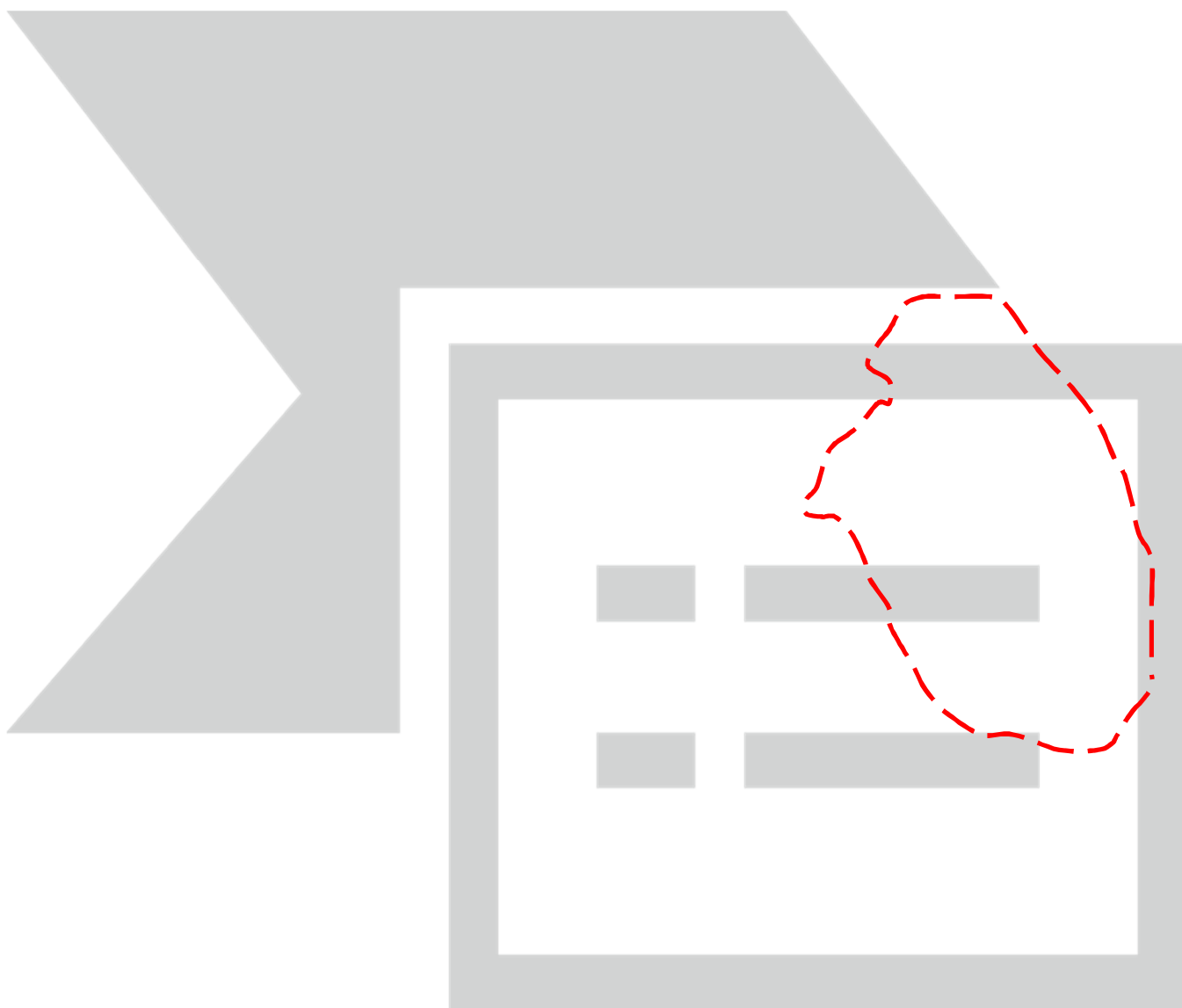


Рис. 5.3– Розподіл по території середньобагаторічних величин шарів стоку весняного водопілля (при $f_n = 0, f_{\bar{o}} = 0$) в басейні річки Сіверський Донець, мм.

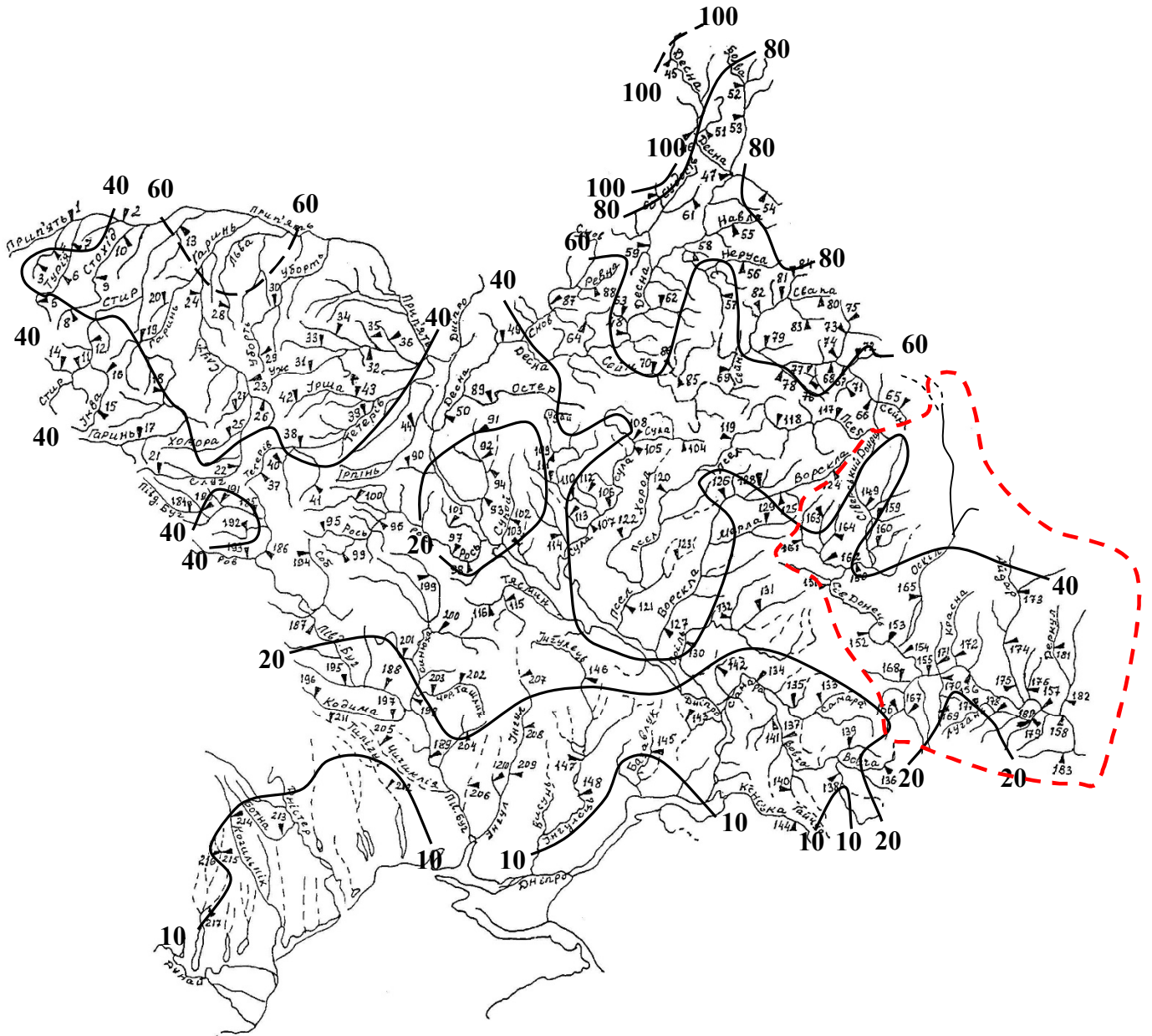


Рис. 5.4— Розподіл по території середньобогаторічних максимальних запасів води в сніговому покриві в басейні р. Сіверський Донець, мм.

– весняних опадів періоду танення снігу X_{1_0} і спаду весняного водопілля X_{2_0} , мм або регіональні рівняння:

$$X_{1_0} = 1.03T_{X_1}; \quad (5.5)$$

$$X_{2_0} = 1.22T_{X_2}, \quad (5.6)$$

де T_{X_1} – середня за багаторічний період тривалість періоду підсумовування опадів X_1 , діб, що узагальнена по басейнах в залежності від географічної широти геометричних центрів водозборів φ (в частках град.) у вигляді

$$T_{X_1} = 2.0(\varphi^o - 50) + 28, \quad (5.7)$$

T_{X_2} – середньобагаторічний період спаду водопілля, діб, що може бути отриманий в залежності від розмірів водозборів річок (F , км²)

$$T_{X_2} = 10 \lg(F + 1); \quad (5.8)$$

– максимальних значень глибин промерзання ґрунтів під озимими або картохима розподілу по території L_0 , см чи регіональна залежність L_0 від географічної широти пунктів виміру глибин промерзання ґрунтів φ (в частках град.) у вигляді

$$L_0 = 66 + 3.56(\varphi^o - 50); \quad (5.9)$$

– середньомісячних витрат води за зимові та весняні місяці, отримані як: середньобагаторічні значення середніх модулів стоку з вересня попереднього по січень поточного років $(q_{09-01})_0$, л/(с·км²) або регіональне рівняння

$$(q_{09-01})_0 = 0.36 (\varphi^0 - 50) + 1.78, \quad (5.10)$$

де φ – географічна широта геометричних центрів водозборів, в частках град.;

– витрат води у січні $(Q_{01})_0$ або лютому $(Q_{02})_0$, м³/с, або регіональні залежності передповеневих витрат води $(Q_{n.в})_0$ від $(F, \text{км}^2)$

$$(Q_{n.в})_0 = (Q_{01})_0 = 0.00008F; \quad (5.11)$$

$$(Q_{n.в})_0 = (Q_{02})_0 = 0.0023F; \quad (5.12)$$

– середньомісячних температур повітря за лютий $(\Theta_{02})_0$ °С та березень $(\Theta_{03})_0$ °С за даними метеорологічних станцій (як середня величина по даних метеостанцій в межах водозбору) або по тих, що знаходяться близько до геометричних центрів водозборів;

– коефіцієнти варіації шарів стоку весняного водопілля на річках $(C_v)_Y$, що отримуються при статистичній обробці часових рядів стокових даних.

За відсутності спостережень на річках $(C_v)_Y$ визначаються за рівнянням в залежності від географічної широти геометричних центрів водозборів (φ в частках. град.)

$$(C_v)_Y = 0.81 - 0.12(\varphi^0 - 50) \quad (5.13)$$

або від середньобагаторічних значень шарів стоку Y_0

$$(C_v)_Y = 1.62 \left(\frac{Y_0}{5} \right)^{-0.38}; \quad (5.14)$$

– величина допустимої похибки прогнозу $\delta_{\text{дон}}$ отримується для річок, по яких є дані часових рядів стокових спостережень

$$\delta_{\text{дон}} = \pm 0.674 \sigma, \quad (5.15)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення величин шарів стоку весняного водопілля від їх середньобагаторічних значень.

За обмеженості або відсутності рядів вимірів стоку на річках для визначення величини допустимої похибки при прогнозуванні шарів стоку водопілля використовується залежність $\delta_{\text{дон}}$ від широти геометричних центрів водозборів річок (φ в частках град.) у вигляді

$$\delta_{\text{дон}} = 1.95(\varphi^{\circ} - 50) + 18; \quad (5.16)$$

– таблиці трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля (при $C_s = 2.5C_v$).

Оперативна гідрометеорологічна інформація

До метеорологічних факторів водопілля відносяться:

а) запаси води в сніговому покриві на дати випуску прогнозів $S_{\text{ДСП}}$ і на дату їх максимального накопичення S_m , мм за даними снігомірних зйомок на метеорологічних станціях або у вигляді картосхем їх розподілу по території;

б) метеорологічний прогноз опадів періоду весняного водопілля X_1' і X_2' (опади більше, близькі або менші за їх середньобагаторічні значення);

в) максимальна (на дату складання прогнозу або за зиму) глибина промерзання ґрунтів під озимими L , см за даними пунктів їх виміру або у вигляді картосхеми розподілу по території чи за рівнянням типу (5.9), але побудоване по поточних даних глибин промерзання ґрунтів;

г) середньомісячні витрати води осінньо-зимового стоку по опорних створах річок з вересня попереднього (2017 р.) по січень поточного (2018р.) року або регіональне рівняння типу (5.10), побудоване по значеннях витрат води в створах річок (лівобережжя України) для періоду 2017–2018 рр., л/(с·км²)

$$(q_{09-01}) = 1.19 (\varphi^{\circ} - 50) + 2.16, \quad (5.17)$$

де φ – географічна широта геометричних центрів водозборів, в частках град.;

д) середньомісячна температура повітря у лютому Θ_{02} °С за даними метеорологічних станцій або у вигляді прогнозової величини;

е) метеорологічний прогноз середньомісячної температури повітря в березні Θ_{03} °С.

Етапи складання довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля за гідрометеорологічними факторами включає:

а) визначення сумарної кількості води, яка бере участь у формуванні весняного водопілля, розраховується за схемою:

– в дату складання прогнозу S_m за формулою

$$(S_m + X'_1 + X'_2)_{ДСП} = [S_{ДСП}(1 - f_n) + k_n S_{ДСП} f_n] + \Delta \bar{S} + X'_1 + X'_2, \quad (5.18)$$

де $S_{ДСП}$ – максимальні запаси води в сніговому покриві, мм, що накопичилися на дату складання прогнозу, мм, що визначені як середні на водозборі

$$S_{ДСП} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_j, \quad (5.19)$$

S_j – максимальні снігозапаси по окремих пунктах їх виміру у межах водозбору, мм;

m – кількість вимірювальних пунктів снігозапасів;

f_l – залісеність водозборів, у частках від одиниці;

k_l – коефіцієнт снігонакопичення у лісі, прийнятий на рівні 1.12;

$\Delta\bar{S}$ – нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві, які для будь-якої дати прогнозу, мм, що визначаються за рівнянням (φ - широта пунктів виміру снігозапасів, в частках град.)

$$\Delta\bar{S} = b + a(\varphi^o - 50), \quad (5.20)$$

та даними табл.5.2 (по геометричних центрах водозборів) в залежності від очікуваної температури повітря в лютому та березні по метеостанціях (при прогнозах шарів стоку весняного водопілля 2018 р. прийнято, що температура у весняні місяці буде на рівні норми – при цьому визначено добавку снігу ΔS_2);

X_1' – очікувані величини опадів X_1 , мм;

X_2' – очікувані величини опадів X_2 , мм.

Таблиця 5.2– Нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві $\Delta\bar{S}$, мм

Умови введення добавки ($\Delta\bar{S}$) в залежності від очікуваної температури повітря в березні	Значення коефіцієнтів рівняння(5.20)	
	a	B
Вище норми	2.14-0.074 Д	7.47-0.25 Д
Біля норми	3.38-0.109 Д	20.4-0.61 Д
Нижче норми	3.27-0.086 Д	26.8-0.55 Д

Значення величин опадів X_1' та X_2' враховуються за рівняннями (5.21) (5.22) та табл. 5.3, 5.4.

$$X_1^* = k_1 X_{1_0}, \quad (5.21)$$

$$X_2^* = k_2 X_{2_0}. \quad (5.22)$$

Таблиця 5.3– Коефіцієнти до норм опадів X_{1_0} з урахуванням метеорологічного прогнозу опадів

Умови введення коефіцієнтів до норм опадів X_{1_0}	Коефіцієнти до норм опадів у формулі (5.21)
Опади вище норми: ($X_I > X_{1_0}$)	$k_I = 1.83 - 0.055 (\varphi^\circ - 50)$
Опади біля норми: ($X_I = X_{1_0}$)	$k_I = 0.84 + 0.009 (\varphi^\circ - 50)$
Опади нижче норми: ($X_I < X_{1_0}$)	$k_I = 0.29 + 0.029 (\varphi^\circ - 50)$

де φ° – широта геометричних центрів тяжіння водозборів, в частках град. півн.ш.

Таблиця 3.5– Коефіцієнти до норм опадів X_{2_0} з урахуванням метеорологічного прогнозу опадів

Умови введення коефіцієнтів до норм опадів X_{2_0}	Коефіцієнти до норм опадів у формулі (3.22)
Опади вище норми: ($X_2 > X_{2_0}$)	$k_2 = 1.75 - 0.027 (\varphi^\circ - 50)$
Опади біля норми: ($X_2 = X_{2_0}$)	$k_2 = 0.86 + 0.022 (\varphi^\circ - 50)$
Опади нижче норми: ($X_2 < X_{2_0}$)	$k_2 = 0.36 + 0.031 (\varphi^\circ - 50)$

б) в дату накопичення максимальних запасів води в сніговому покриві

$$S_m + X'_1 + X'_2 = [S(1 - f_n) + k_n S f_n] + X'_1 + X'_2, \quad (5.23)$$

де S – максимальні запаси води в сніговому покриві на водозборі (за вимірами у полі) перед весняним водопіллям, мм.

Максимальні запаси води в сніговому покриві, що накопичилися на басейні до початку весняного сніготанення та рідкі опади періоду водопілля входять у дискримінантну функцію у вигляді відношення $(S_m + X_1 + X_2)/(S_0 + X_{1_0} + X_{2_0})$.

встановлення індексу зволоження ґрунтів ведеться:

– для річок лівобережної частини території країни, як середнього модулю стоку за осінньо–зимовий сезон (з вересня 2017 р. по січень 2018 р.) q_{09-01} , л/(с·км²) відносно його норми $(q_{09-01})_0$, у вигляді

$$(k_{q_{09-01}})_i = \frac{(q_{09-01})_i}{(q_{09-01})_0}; \quad (5.24)$$

Максимальна на дату прогнозу глибина промерзання ґрунтів, виражена як L/L_0 . Якщо дані про глибини промерзання ґрунтів на водозборах відсутні, їх величини можна встановити по залежностях типу (5.25);

$$(k_L)_i = \frac{L_i}{L_0}, \quad (5.25)$$

де L_i – середнє по водозбору значення максимальної глибини промерзання ґрунту для i -го року, см;

г) середньомісячна температура повітря лютого θ_{02} °С встановлюється по даних метеостанцій, розташованих близько до центрів тяжіння водозборів.

Етапи випуску прогнозів шарів стоку весняного водопілля:

а) складання альтернативного (якісного) прогнозу водності очікуваного весняного водопілля виконується з урахуванням знаку лінійної

дискримінантної функції DF за формулами для лівобережної частини території вигляду:

$$DF = a_0 + a_1 k_x + a_2 k_{q_{09-01}} + a_3 k_L + a_4 \Theta^0_{02} . \quad (5.26)$$

Коефіцієнти рівнянь, наведені в табл.5.5 відповідно району приналежності гідрологічного поста. За знаком дискримінантної функції встановлюється якісний (альтернативний) прогноз водності майбутнього водопілля:

Таблиця 5.5 - Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій для прогнозу шарів стоку весняного водопілля р.Сіверський Донець

Номер району (підрайону)	Басейни річок	DF	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4
9	Сіверський	$DF1$	0.54	-10.6	4.29	3.13	-0.33
	Донець	$DF2$	-0.05	-2.20	5.97	2.69	0.97

– дискримінантна функція $DF1 > 0$ – шари стоку очікуються більші за середньобаторічні значення (ситуація 1);

– $DF1 \leq 0$, а $DF2 \geq 0$ – водопілля буде розвиватися за ситуацією 2, тобто шар стоку весняних вод очікується близьким до середньобаторічних їх значень;

– $DF1 < 0$ і $DF2 < 0$ – шари стоку водопілля прогноуються меншим за середньобаторічні їх значення (ситуація 3);

б) прогноз модульних коефіцієнтів шарів весняного стоку k_Y здійснюється на дату його складання за регіональними рівняннями

$$k_Y = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3 , \quad (5.27)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots$ – коефіцієнти полінома при прогнозуванні шарів стоку весняного водопілля на річках табл 5.6, які встановлюють приналежності гідрологічного поста і знаку дискримінантного рівняння;

в) здійснюється перехід від прогностичних значень модульних коефіцієнтів шарів стоку k_Y до значень шарів весняного стоку Y_m , мм за рівнянням

$$Y'_m = k_Y \cdot Y_0 \cdot K_{Y_{2010}}, \quad (5.28)$$

де Y_0 – середньобагаторічні величини шарів стоку весняного водопілля, мм;

$K_{Y_{2010}}$ – коефіцієнт, враховуючий зміну значень середньобагаторічних величин шарів стоку за період до 2010 р., що отримується за рівнянням (φ в частках град.)

$$K_{Y_{2010}} = 0.97 - 0.017(\varphi^0 - 50); \quad (5.29)$$

Таблиця 5.6– Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій для прогнозу шарів стоку весняного водопілля р. Сіверський Донець

№ району (підрайон)	Басейн річки	Умови застосування	b_0	b_1	b_2	b_3
9а	Сіверський Донець – м.Ізюм	$DF1 > 0$	0,08	0,36	0,52	0,51
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0,0012	0,02	0,53	0,12
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	0,01	-0,11	0,30	0,08
9б	Оскіл	$DF1 > 0$	0,02	0,17	1,57	-0,46
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0,01	-0,10	0,65	-0,056
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	0,01	-0,11	0,30	0,08
9в	Жеребец, Красная, Айдар	$DF1 > 0$	0,02	-0,28	1,57	0,65
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0,01	-0,17	0,40	0,50
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	0,04	-0,42	0,55	0,10
9г	Кривий Торець, Бахмутка, Лугань	$DF1 > 0$	0,03	0,04	2,26	0,53
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	-0,04	0,95	-1,85	1,69
		$DF1 < 0; DF2 < 0$	-0,02	0,13	-0,06	0,16

г) встановлення забезпеченості прогнозованих величин шарів стоку весняного водопілля ведеться за таблицею трипараметричного гама-розподілу С.Н.Крицького і М.Ф.Менкеляза очікуваним k_Y і значеннями коефіцієнтів варіації шарів весняного стоку $(C_v)_Y$ при $C_s = 2.5C_v$

Забезпеченість прогнозних величин Y_m встановлюється в межах

$$P_1 < P_Y < P_2, \quad (5.30)$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості, %.

Формою представлення прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля у поточному році є:

– таблиці очікуваних величин (найбільш ймовірного їх значення, отриманого за методикою прогнозу та інтервал Y_m з врахуванням допустимої похибки прогнозу) та забезпеченості їх настання у багаторічному періоді (табл.5.7).

– карто-схеми розподілу по території очікуваних модульних коефіцієнтів k_Y та k_Q їх забезпеченості у багаторічному розрізі P %, які відносяться до геометричних центрів тяжіння водозборів. Приклад таких карто-схем для спрогнозованих за методикою шарів стоку весняного водопілля 2017– 2018 р. в басейні р. Сіверський Донець показаний на рис. 5.5–5.6. Розподіл очікуваних модульних коефіцієнтів шарів стоку водопілля (рис.5.5) показує, що їх значення змінюються по території від 0,3 в південній частині басейну, до 0,6 – в центральній. При чому коефіцієнтам вище норми відповідає повторюваність $-P_Y\%$ від 70-75% до 90-95% (рис.5.6).

Оцінка довгострокового прогнозу шарівстоку весняного водопілля здійснюється шляхом визначення похибки прогнозу δ

$$\delta = Y_m - Y'_m, \quad (5.31)$$

де $Y_m - Y'_m$ – відповідно фактичне і прогнозне значення шарів стоку весняного водопілля; а також в частках від допустимої похибки δ_{don} , яка визначається за багаторічним рядом шарів весняного стоку за або може бути розрахована за формулою:

для шарів стоку

$$\delta_{don} = 1.95(\varphi^0 - 50) + 18 . \quad (5.32)$$

Таблиця 5.7 Очікувані шари стоку (мм) весняного водопілля на річках Сіверського Донця у 2017- 2018 р. (на ДВП_Sm)

Код поста	№гідро	Річка-пост	кУпр, мм	У0, мм	Упр, Мм	Усп,мм	δ,мм	δдоп,мм	δ/δдоп.	Cv	P%
78288	150	р.Сіверський Донець - м. Чугуєв	0,39	26	10	-	-	16	-	0,88	70-75
78289	151	р.Сіверський Донець - м. Зміїв	0,42	43	18	-	-	16	-	0,66	80-90
78293	153	р.Сіверський Донець - м. Ізюм	0,36	38	14	18	5	12	0,4	0,61	90-95
78397	165	р.Оскол - м.Куп'янськ	0,6	48	29	-	-	17	-	0,61	70-75
78421	167	р.Кривий Торець – Сел. Алексєєво- Дружкова	-	22	-	-	-	10	-	0,7	-
78434	170	р.Бахмут - м.Северськ	0,00	22	-	-	-	14	-	0,85	-
78436	171	р.Жеребець - с. Троське	0,39	26	10	-	-	18	-	0,96	70-75
78439	172	р.Красна - с.Краснопопівка	0,30	32	10	-	-	18	-	0,85	80-90
78445	174	р.Айдар - с.Новоселівка	0,41	35	14	-	-	20	-	0,86	70-75
78458	179	р.Лугань -м.Луганськ	-	22	-	-	-	12	-	0,77	-

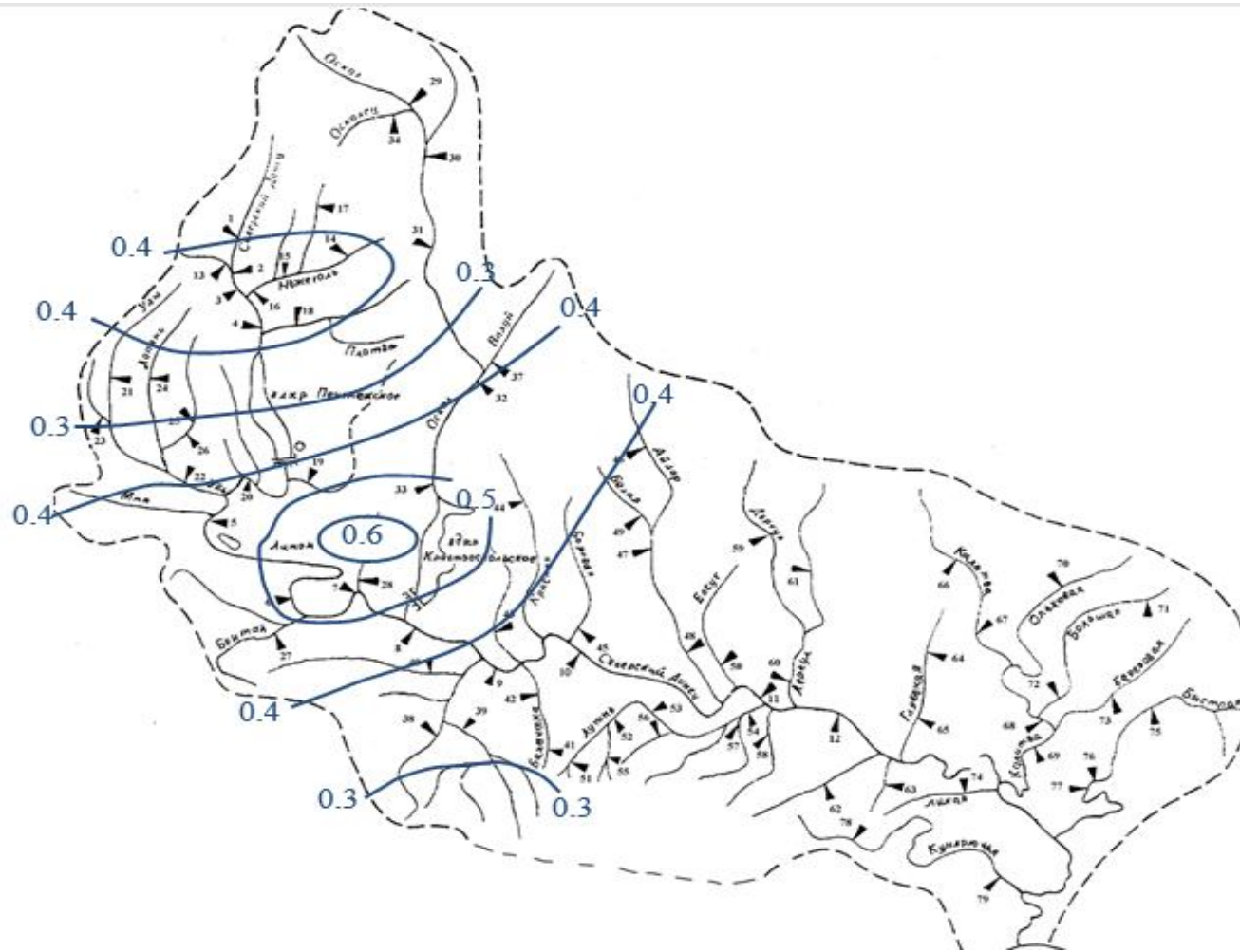


Рисунок 5.5—Карта – схема розподілу модульних коефіцієнтів шарів стоку весняного водопілля 2017-2018 р. в басейні р. Сіверський Донець

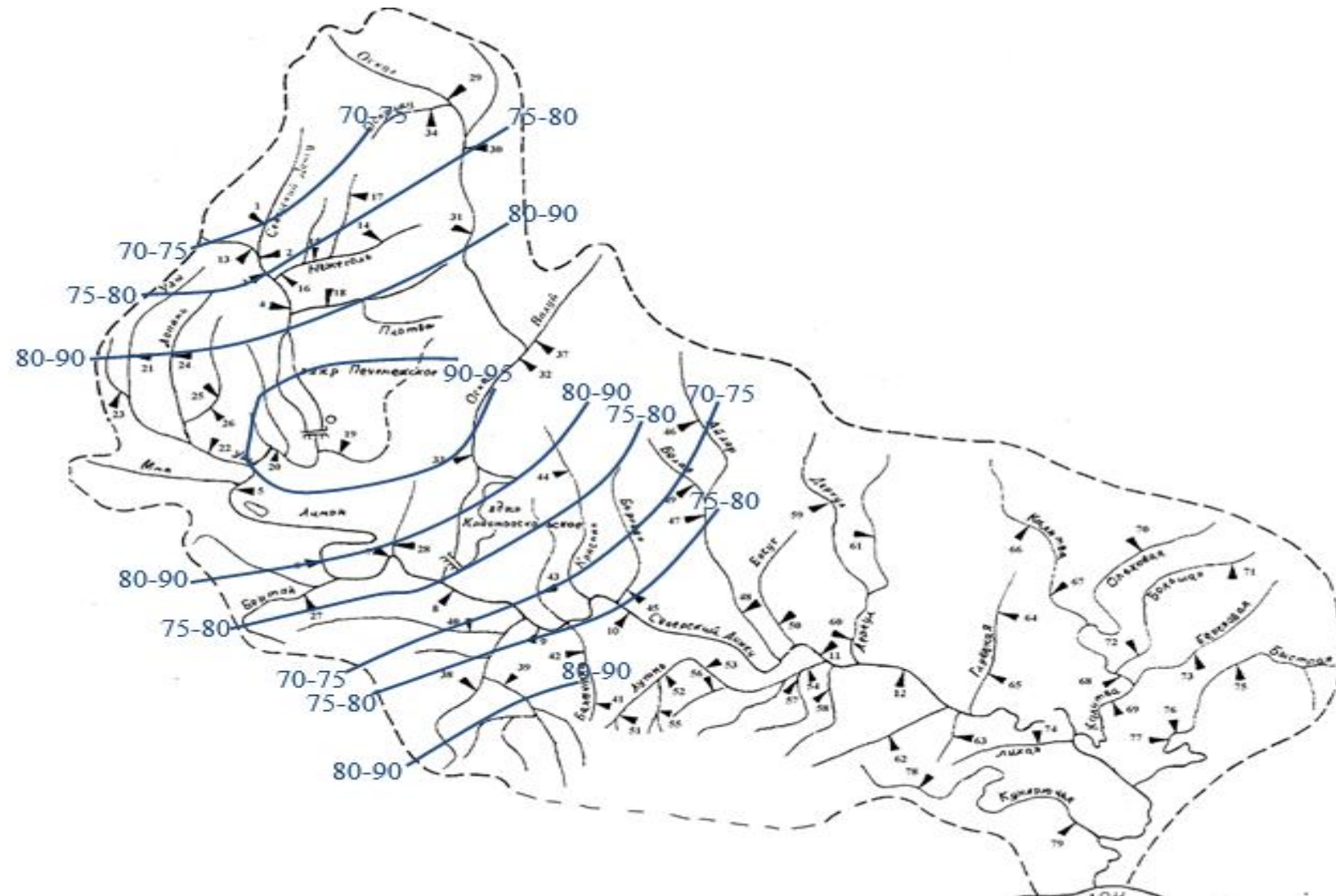


Рисунок 5.6– Карта – схема розподілу забезпеченості шарів стоку весняного водопілля 2017–2018 р. в басейні р. Сіверський Донець($P, \%$)

Прогноз вважається справджуваним якщо відношення $\delta/\delta_{дон} \leq 1.0$.

Оцінка прогнозу шарів стоку весняного водопілля була здійснена для посту Ізюм та склала $\delta/\delta_{дон}=0,4$, за категорією якості «добре».

Прогнозні величини шарів стоку весняного водопілля 2017-2018 р., отримані за запропонованою для басейну Сіверського Дінця методикою довгострокового прогнозу на дату настання максимального значення.

На рис. 5.7 наведений комплексний графік, на якому можна простежити хід весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець – м. Ізюм в 2018 році. Водопілля має чітко виражений максимум, який спостерігався 20 квітня. Відмічався вихід води на заплаву.

5.2 Схема довгострокового прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля

При складанні оперативних довгострокових прогнозів максимальних витрат і рівнів води весняного водопілля, також як й при прогнозі шарів стоку, була розроблена комп'ютерна обчислювальна технологія, що дає можливість створення бази вихідних гідрометеорологічних даних, складати довгостроковий прогноз максимальних витрат води весняних водопілля, здійснювати його оцінку при поточному щорічному прогнозуванні за методикою територіальних довгострокових прогнозів максимальних витрат води водопілля на річках.

Порядок довгострокового прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейнах річок рівнинної території України розглядається на прикладі весняного водопілля 2017–2018 рр. Вихідні гідрометеорологічні дані спостережень, що використовуються при прогнозуванні максимальних витрат води у період 2017 –2018 рр., отримані за оперативною інформацією Українського гідрометцентру при використанні АРМ–гідро.

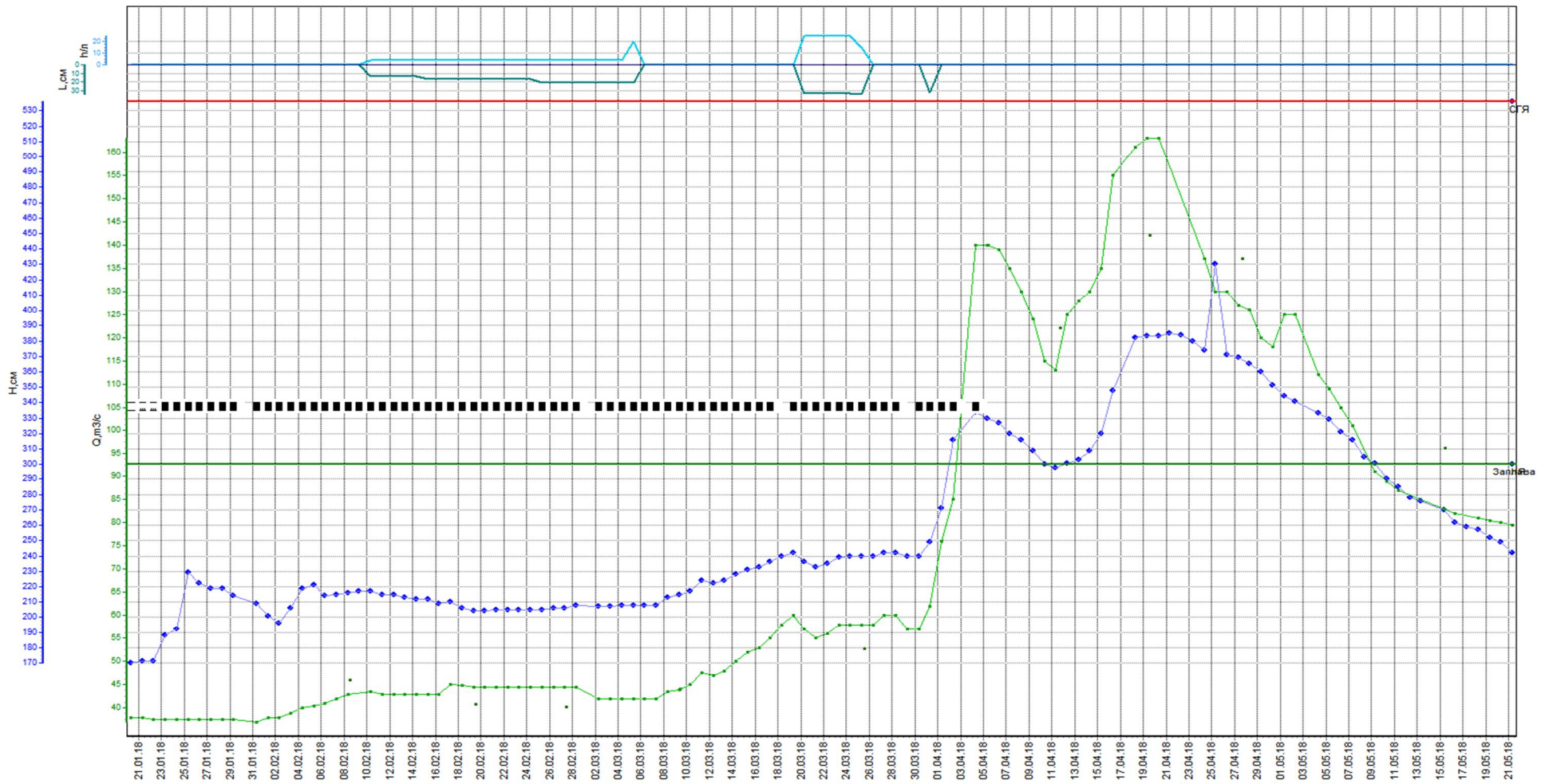


Рисунок 5.7 – Гідрограф весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець –м. Ізюм

Складання базової та збір оперативної інформації.

При складанні довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля необхідна наступна базова інформація (табл 5.8):

а) Морфометричні та басейнові характеристики опорних водозборів:

– площа водозборів, F , км²;

– залісеність водозборів, f_l , в частках від площ водозборів F ;

– заболоченість водозборів, f_b , в частках від площ водозборів F ;

– географічна широта геометричних центрів водозборів φ ° півн.ш. або в частках град.;

– приналежність гідрологічного поста до однорідного за умовами формування весняного водопілля району, відповідно районуванню де зберігається сталість параметрів прогнозної схеми.

б) Середньобагаторічні величини вихідних даних:

– максимальні витрати води весняного водопілля Q_0 , м³/с або їх модулі q_0 м³/(с·км²), отримуються по часових рядах стокових спостережень на річках, за рівнянням

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{m_i}}{nF}, \quad (5.33)$$

де Q_{m_i} – максимальні витрати води водопілля i -х років за період спостережень n , м³/с.

Таблиця 5.8–Базова інформація для довгострокових прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля на опорних водозборах рівнинних річок України (середньобагаторічні гідрометеорологічні величини прийняті як норма по 2000 р.) басейн р.Сіверський Донець

Номер поста	Річка–пост	F , км ²	f_l , %	f_b , %	φ , в частках град.	S_o , мм	X l_0 , Мм	$(S_o + X$ $l_0)$, мм	L_o , См	$(q_{00-01})_o$, л/(с·км ²)	Q_o , м ³ /с	q_o , м ³ /(с· км ²)	$(C_v)_Q$	σ_{Q_m} м ³ /с	$(\delta_{don})_{Q_m}$ м ³ /с
150	р.Сіверський Донець–м.Чугуїв	10300	10	1	50.33	72	27	99	62	1.38	264	0.026	1.11	296	199
151	р.Сіверський Донець – м.Зміїв	16600	12	1	50.33	68	27	95	73	1.67	589	0.035	0.82	373	251
153	р.Сіверський Донець – м.Ізюм	22600	11	1	50.08	61	37	98	69	1.58	377	0.017	1.22	314	211
165	р.Оскіл – м.Куп'янськ	12700	8	1	50.5	61	29	90	75	1.68	509	0.040	0.85	284	192
167	р.Кривий Торець – сmt Олексієво– Дружківка	1530	3	0	48.33	42	22	64	53	2.94	42.4	0.028	1.23	36.5	24.6

Продовження табл. 5.8

Номер поста	Річка-пост	F , км ²	f_l , %	f_b , %	φ , в частк- ах град.	S_o , мм	X X_{10} , мм	$(S_o + X_{10})$, мм	L_o , см	$(q_{00-01})_o$, л/(с·км ²)	Q_o , м ³ /с	q_o , м ³ /(с· км ²)	$(C_v)_Q$	σ_{Q_m} , м ³ /с	$(\delta_{don})_{Q_m}$, м ³ /с
170	р.Бахмутка –м.Сіверськ	1560	5	0	48.5	42	36	78	50	1.78	51.3	0.033	1.37	76.1	51.3
171	р.Жеребець – с.Торське	857	3	1	49.17	34	36	70	62	1.57	34.8	0.041	1.74	40.7	27.4
172	р.Красна –с.Червонопопівка	540	4	1	49.35	41	39	80	62	1.04	106	0.042	1.11	91.1	61.4
174	р.Айдар – с.Новоселівка	6370	3	1	49.50	54	43	97	66	1.11	284	0.045	1.20	283	191
179	р.Лугань – м.Луганськ	3510	4	1	48.42	44	29	73	60	2.44	56.7	0.016	1.06	55.3	37.3

Для річок невивчених у гідрологічному відношенні величини q_0 встановлюються за моделлю редукційних типових гідрографів водопіль за рівнянням

$$q_0 = q'_0 \psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r. \quad (5.34)$$

Середньобагаторічний модуль максимальної витрати води схилового припливу q'_0 , м³/(с·км²), визначається в рамках редукційних гідрографів

$$q'_0 = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_0, \quad (5.35)$$

де $(n+1)/n$ – коефіцієнт нерівномірності схилового припливу у часі, що приймається для басейнів рівнинних річок України на рівні 8.1;

T_0 – тривалість схилового припливу, год;

Y_0 – середньобагаторічний шар стоку, мм.

Середньобагаторічні шари стоку весняного водопілля Y_0 для невивчених у гідрологічному відношенні річок (5.35) можуть бути визначені за картосхемою їх розподілу по території при введенні поправочних коефіцієнтів на урахування впливу місцевих факторів – залісеності і заболоченості, у частках від одиниці:

$$k_{\bar{c}} = 1 - 0.081 \cdot \lg(f_{\bar{c}} + 1), \quad (5.36)$$

$$k_{\bar{л}} = 1 + 0.070 \cdot \lg(f_{\bar{л}} + 1). \quad (5.37)$$

Отримати значення Y_0 , використовуючи картосхему, можна за рівнянням розрахувати:

$$Y_0 = (Y_0)_{\text{карт}} \cdot k_l k_{\bar{\sigma}}, \quad (5.38)$$

де $(Y_0)_{\text{карт}}$ – середньобогаторічні значення шарів весняного стоку, зняті з картосхеми для геометричних центрів водозборів річок, мм.

Визначення тривалості схилового припливу тало-дощової води на водозборах T_0 в 5.36) для невивчених у гідрологічному відношенні річок можуть бути визначені за картосхемою їх розподілу по території при введенні поправочних коефіцієнтів на урахування впливу місцевих факторів – залісеності і заболоченості:

$$k'_l = 1 + 0.37 \lg(f_l + 1); \quad (5.39)$$

$$k'_{\bar{\sigma}} = 1 + 1.23 \lg(f_{\bar{\sigma}} + 1). \quad (5.40)$$

Отримати значення T_0 , використовуючи картосхему, можна за рівнянням:

$$T_0 = (T_0)_{\text{карт}} \cdot k'_l k'_{\bar{\sigma}}, \quad (5.41)$$

де $(T_0)_{\text{карт}}$ – значення тривалості схилового припливу води, які зняті з картосхеми для геометричних центрів водозборів річок.

Трансформаційна функція розпластування повеневих хвиль під впливом руслового добігання $\psi(t_p / T_0)$ в (5.42) встановлюється за рівняннями:

– при $t_p / T_0 = 0$

$$\psi(t_p / T_0) = 1.0; \quad (5.42)$$

– при $0 < t_p < T_0$

$$\psi(t_p / T_0) = 1 - \frac{m+1}{(n+1)(m+n+1)} \left(\frac{t_p}{T_0} \right)^n; \quad (5.43)$$

– при $t_p \geq T_0$

$$\psi(t_p / T_0) = \frac{n}{n+1} \frac{T_0}{t_p} \left[\frac{m+1}{m} - \frac{n+1}{m(m+n+1)} \left(\frac{T_0}{t_p} \right)^m \right], \quad (5.44)$$

де t_p – тривалість руслового добігання, год;

m – показник степені у рівнянні кривої ізохрони ($m=1.0$);

n – показник степені у рівнянні кривої припливу поверхневих вод ($n=0.14$).

Розрахунок тривалості руслового добігання t_p в (5.45) здійснюється за співвідношенням

$$t_p = L / V_\partial, \quad (5.45)$$

де L – гідрографічна довжина водотоку (відстань від найдальшої точки водозбору), км, що за відсутності даних про гідрографічну довжину водотоку визначається по залежностях від площ водозборів річок F , км², вигляду

$$L = f(F); \quad (5.46)$$

V_∂ – швидкість добігання, км/год, для визначення якої використовується формула:

$$V_\partial = a_2 \cdot F^{\alpha_2} \cdot I^{0.33}, \quad (5.47)$$

a_2 – швидкісний параметр, приймається для району досліджень за табл.5.9;

I – середньозважений ухил річки, ‰, що за відсутності даних про середньозважені ухили річок можна визначити в залежності від площ водозборів

$$I = f(F). \quad (5.48)$$

Коефіцієнт русло–заплавного регулювання ε_F в (5.49) можна визначити в залежності від розмірів водозборів F , км²

$$\varepsilon_F = e^{-0.18 \cdot \lg(F+1)}. \quad (5.49)$$

Таблиця 5.9

Значення параметрів a_2 і α_2

Географічна зона	a_2	α_2
Полісся	1.27	0.12
Лісостепова	1.51	0.17
Степова	1.19	0.14

Коефіцієнт трансформації максимального стоку весняного водопілля під впливом озер і водосховищ руслового типу r в (5.50) визначається за формулою СНіП 2.01.14-83

$$r = 1/(1 + Cf'_{оз}), \quad (5.50)$$

де $f'_{оз}$ – середньозважена озерність;

C – емпіричний коефіцієнт, який визначається величиною Y_0 за табл.5.10;

Таблиця 5.10

Значення коефіцієнта C

Y_0 , мм	>100	99-50	49-20	<20
C	0.2	0.25	0.35	0.40

– максимальних запасів води у сніговому покриві або картосхема розподілу по території S_0 , мм;

– весняних опадів X_{1_0} , що приймають участь у формуванні максимальних витрат води весняного водопілля, мм або регіональне рівняння

$$X_{1_0} = 1.03T_{X_1}, \quad (5.51)$$

де T_{X_1} – середня за багаторічний період тривалість періоду підсумовування опадів X_1 , діб, що узагальнена по басейнах в залежності від географічної широти геометричних центрів водозборів φ , в частках град. у вигляді

$$T_{X_1} = 2.0(\varphi^o - 50) + 28; \quad (5.52)$$

– максимальних значень глибин промерзання ґрунтів під озимими або картосхема розподілу L_0 , см чи регіональна залежність L_0 від географічної широти пунктів виміру глибин промерзання ґрунтів φ , в частках град. у вигляді

$$L_0 = 66 + 3.56(\varphi^o - 50); \quad (5.53)$$

– середньомісячних витрат води за зимові та весняні місяці, отримані як: середньобагаторічні значення середніх модулів стоку з вересня попереднього по січень поточного років $(q_{09-01})_0$ (л/с·км²) або регіональне рівняння

$$(q_{09-01})_0 = 0.36(\varphi^o - 50) + 1.78, \quad (5.54)$$

де φ – географічна широта геометричних центрів водозборів, в частках град.;

– витрат води у січні $(Q_{01})_0$ або лютому $(Q_{02})_0$, м³/с, або регіональні залежності передповенеких витрат води $(Q_{n.в})_0$ від $(F, \text{км}^2)$

$$(Q_{n.в})_0 = (Q_{01})_0 = 0.00008F; \quad (5.55)$$

$$(Q_{n.в})_0 = (Q_{02})_0 = 0.0023F; \quad (5.56)$$

– середніх місячних температур повітря за лютий $(\Theta_{02})_0$ °С та березень $(\Theta_{03})_0$ °С;

– коефіцієнти варіації максимальних витрат води весняного водопілля на річках $(C_v)_Q$.

За відсутності спостережень на річках, $(C_v)_Q$ визначаються за формулою в залежності від широти геометричних центрів водозборів (φ в частках град.)

$$(C_v)_Q = 1.09 - 0.17(\varphi^0 - 50) \quad (5.57)$$

або від площ водозборів $(F, \text{км}^2)$

$$(C_v)_Q = 1.90 - 0.22 \cdot \lg(F + 1); \quad (5.58)$$

– величина допустимої похибки прогнозів максимальних витрат води $\delta_{дон}$ отримується для річок, що мають часові стокові спостереження

$$\delta_{дон} = \pm 0.674 \sigma, \quad (5.59)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення величини максимальних витрат води весняного водопілля від їх середньобагаторічних значень.

За відсутності рядів стокових вимірів на річках для визначення величини допустимої похибки при прогнозуванні максимальних витрат води весняного

водопілля використовується залежність δ_{don} від площ водозборів (F , км²) у вигляді

$$\delta_{don} = 0.0147 F; \quad (5.60)$$

– криві витрат води $Q = f(H)$ в гідрологічних створах річок;
 – таблиці трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля (при $C_s = 2.5C_v$).

Оперативна гідрометеорологічна інформація поточного року включає метеорологічні фактори водопілля:

а) запаси води в сніговому покриві на дати складання прогнозів $S_{ДСП}$ і на дату їх максимального накопичення S_m , мм за даними снігомірних зйомок;

б) метеорологічний прогноз опадів періоду сніготанення X_1' (опади більше, близькі або менші за їх середньобогаторічне значення);

в) максимальна (на дату складання прогнозу або за зиму) глибина промерзання ґрунтів під озимими L , см;

г) середньомісячні витрати води осінньо-зимового стоку по опорних створах річок (лівобережної частини країни) з вересня попереднього (2017 р.) по січень поточного (2018 р.) року або регіональне рівняння типу (5.61), побудоване по значеннях витрат води в створах річок для періоду 2017-2018 рр. (л/с·км²)

$$(q_{09-01}) = 1.19 (\varphi^0 - 50) + 2.16, \quad (5.61)$$

де φ – географічна широта геометричних центрів водозборів, в частках град.;

д) середньомісячна температура повітря в лютому θ_{02} °С за даними метеорологічних станцій або у вигляді прогнозних величин;

е) метеорологічний прогноз середньомісячної температури повітря в березні θ_{03} °С.

Порядок складання довгострокових прогнозів максимальних витрат (рівнів) води весняного водопілля за гідрометеорологічними факторами:

а) визначення кількості води- в дати 10, 20 або 28 лютого за формулою:

$$(S_m + X_1')_{ДСП} = [S_{ДСП} (1 - f_l) + k_l S_{ДСП} f_l] + \Delta\bar{S} + X_1', \quad (5.62)$$

де $S_{ДСП}$ —максимальні запаси води в сніговому покриві, що накопичилися на дату складання прогнозу, мм, які визначені як середні на водозборі

$$S_{ДСП} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m S_j, \quad (5.63)$$

S_j — максимальні снігозапаси по окремих пунктах їх виміру у межах водозбору, мм;

m — кількість вимірювальних пунктів снігозапасів;

f_l — залісеність водозборів, у частках від одиниці;

k_l — коефіцієнт снігонакопичення у лісі, прийнятий на рівні 1.12;

$\Delta\bar{S}$ — нормальні добавки до максимальних запасів води в сніговому покриві, які для будь-якої дати прогнозу, мм визначаються за рівнянням

$$\Delta\bar{S} = b + a(\varphi^0 - 50), \quad (5.64)$$

φ — широта пунктів виміру снігозапасів, в частках град.,

X_1' — очікувані величини опадів X_1 періоду танення снігу на водозборах, що у кожному конкретному році приймаються з урахуванням коефіцієнта k_1 до середньобогаторічних величин опадів, орієнтуючись на метеорологічний прогноз опадів — вищі, близькі або нижчі за середньобогаторічне їх значення (X_{1_0}) у вигляді рівняння:

$$X_1' = k_1 X_{1_0}, \quad (5.65)$$

– в дату накопичення максимальних снігозапасів на басейнах річок

$$S_m + X_1' = [S_m(1 - f_l) + k_l S_m f_l] + X_1', \quad (5.66)$$

де S_m – максимальні запаси води в сніговому покриві на водозборі (за вимірами у полі) перед весняним водопіллям, мм, що визначені як середні на водозборі за рівнянням типу (5.66).

При складанні оперативного прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля 2017 - 2018 р. в басейнах рівнинних річок України величини опадів були прийняті на рівні їх багаторічного середнього;

– визначення модульних коефіцієнтів максимальних запасів води в сніговому покриві, за рівнянням

$$k_X = (S_m + X_1') / (S_0 + X_{1_0}); \quad (8.67)$$

б) встановлення індексу зволоження ґрунтів здійснюється:

– для річок лівобережної частини території – як середнього модулю стоку за осінньо-зимовий сезон (з вересня 2017 р. по січень 2018 р.) q_{09-01} ($\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2$) відносно його норми $(q_{09-01})_0$ у вигляді

$$(k_{q_{09-01}})_i = \frac{(q_{09-01})_i}{(q_{09-01})_0}; \quad (5.68)$$

в) визначення середніх по басейнах річок максимальних глибинпромерзання ґрунтів на водозборах L ,

9	Сіверський Донець	<i>DF1</i>	0.96	-3.26	-0.87	5.56	0.18
		<i>DF2</i>	-0.12	-3.97	0.36	3.72	-0.69

б) прогноз величин модульних коефіцієнтів k_q здійснюється на дату його складання за регіональними залежностями у вигляді рівняння поліному

$$k_q = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3, \quad (5.74)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots$ – коефіцієнти полінома при прогнозуванні шарів стоку весняного водопілля на річках, які встановлюють за даними таблиці, відповідно району приналежності гідрологічного поста і знаком дискримінантної функції *DF*;

в) здійснюється перехід від прогнозних максимальних модульних коефіцієнтів k_q до значень максимальних витрат води Q_m , м³/с за рівнянням

$$Q'_m = k_q \cdot q_0 \cdot K_{Q_{2010}} \cdot F. \quad (5.75)$$

де q_0 – середньобогаторічні величини максимальних модулів весняного водопілля, м³/(с·км²);

Таблиця 5.12 – Коефіцієнти прогностичних рівнянь поліномів максимальних витрат води весняного водопілля

№ району (підрайон)	Басейн річки	Умови застосування	b_0	b_1	b_2	b_3
9	Сіверський Донець	$DF1 > 0$	0.041	-0.30	2.54	-0.069
		$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	0.035	-0.160	1.13	-0.17

		$DF1 < 0; DF2 < 0$	0.009	-0.096	0.264	0.04
--	--	--------------------	-------	--------	-------	------

$K_{Q_{2010}}$ – коефіцієнт, враховуючий зміну значень середньобогаторічних величин максимальних витрат води за період до 2010 р., що отримується за рівнянням (φ в частках град.)

$$K_{Q_{2010}} = 0.92 - 0.022(\varphi^0 - 50); \quad (5.76)$$

г) визначення прогнозних значень максимальних рівнів води весняного водопілля здійснюється по спрогнозованим максимальними витратами води за кривою витрат води $Q = f(H)$;

д) встановлення забезпеченості прогнозованих максимальних витрат води весняного водопілля здійснюється за таблицями трипараметричного гамма-розподілу С.Н. Крицького і М.Ф.Менкеляза очікуваним k_q і значеннями коефіцієнтів варіації максимальних витрат води $(C_v)_Q$ при $C_s = 2.5C_v$.

За наявності картосхем очікуваних модульних коефіцієнтів $k_q = q_m / q_0$ та їх ймовірностей $P_Q\%$, які складаються у регіональних відділах гідрологічних прогнозів, можливі два варіанти випуску прогнозу: за наявності даних гідрологічних спостережень на водозборах або за їх відсутності.

Прогнозні величини максимальних витрат води Q_m , м³/с будуть дорівнювати

$$Q'_m = k_q \cdot q_0 \cdot K_{Q_{2010}} \cdot F, \quad (5.77)$$

де F – площа водозбору, км²;

$K_{Q_{2013}}$ – коефіцієнт, враховуючий зміну значень середньобогаторічних величин максимальних витрат води за період до 2010 р., що отримується за рівнянням (φ в частках град.)

$$K_{Q2010} = 0.92 - 0.022(\varphi^0 - 50); \quad (5.78)$$

q_0 – норма максимального модуля водопілля, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, яка визначається для кожної конкретної річки за часовими рядами спостережень на ній за

$$q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{m_i}}{nF}, \quad (5.79)$$

де Q_{m_i} – максимальні витрати води водопілля i -х років за період спостережень n , $\text{м}^3/\text{с}$.

За обмеженості або відсутності часових гідрологічних спостережень на річках середньобаторічне значення максимального модуля весняного водопілля q_0 , $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ встановлюються за моделлю редуційних типових гідрографів водопіль за рівнянням

$$q_0 = q'_0 \Psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r \quad (5.80)$$

Так, середньобаторічний модуль максимальних витрат води схилового припливу q'_0 , $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$, визначається в рамках редуційних гідрографів

$$q'_0 = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_0, \quad (5.81)$$

де $(n+1)/n$ – коефіцієнт нерівномірності схилового припливу у часі, що приймається для басейнів рівнинних річок України на рівні 8.0;

T_0 – тривалість схилового припливу, год;

Y_0 – середньобаторічний шар стоку, мм.

Значення коефіцієнтів впливу залісеності і заболоченості на середньобаторічні величини шарів стоку визначаються за рівняннями:

$$k_{\delta} = 1 - 0.08 \lg(f_{\delta} + 1); \quad (5.82)$$

$$k_{\lambda} = 1 + 0.098 \lg(f_{\lambda} + 1). \quad (5.83)$$

де $(Y_0)_{карт}$ – середньобогаторічні значення шарів весняного стоку, мм.

Для оцінювання ймовірності прогнозного значення Q_m з картосхеми ймовірностей територіального прогнозу максимальних витрат води водопілля знаходиться величина забезпеченості $P_Q\%$.

Таким чином, оцінити величину максимальних витрат води весняного водопілля у даному році представляється для будь-якої річки розглядуваної території, навіть за відсутності гідрологічної інформації на ній або у цілому регіоні.

Для максимальних витрат води водопілля їх значення змінюється по території від 1,0 в південній частині басейну, до 1,8 – в центрі розглядуваної території (рис.5.7), а коефіцієнтам вище норми відповідає повторюваність - $P_Q=60$ до 80% (рис. 5.8).

Забезпеченість прогнозних величин Q_m надається у вигляді інтервалу $P\%$

$$P_1 < P_Q < P_2, \quad (5.85)$$

де P_1 і P_2 – верхня та нижня межі забезпеченості, %, які встановлюються за таблицею.

Прогноз вважається справджуваним, якщо відношення $\delta / \delta_{дон} \leq 1.0$.

Результати прогнозів максимальних витрат і рівнів води весняного водопілля, їх представлення та оцінка (табл. 5.13 і 5.14).

Оцінка прогнозу максимального стоку весняного водопілля була здійснена для р.Сіверський Донець – м. Ізюм та склала $\delta / \delta_{дон} = 1,0$, що за категорією якості є «задовільно».

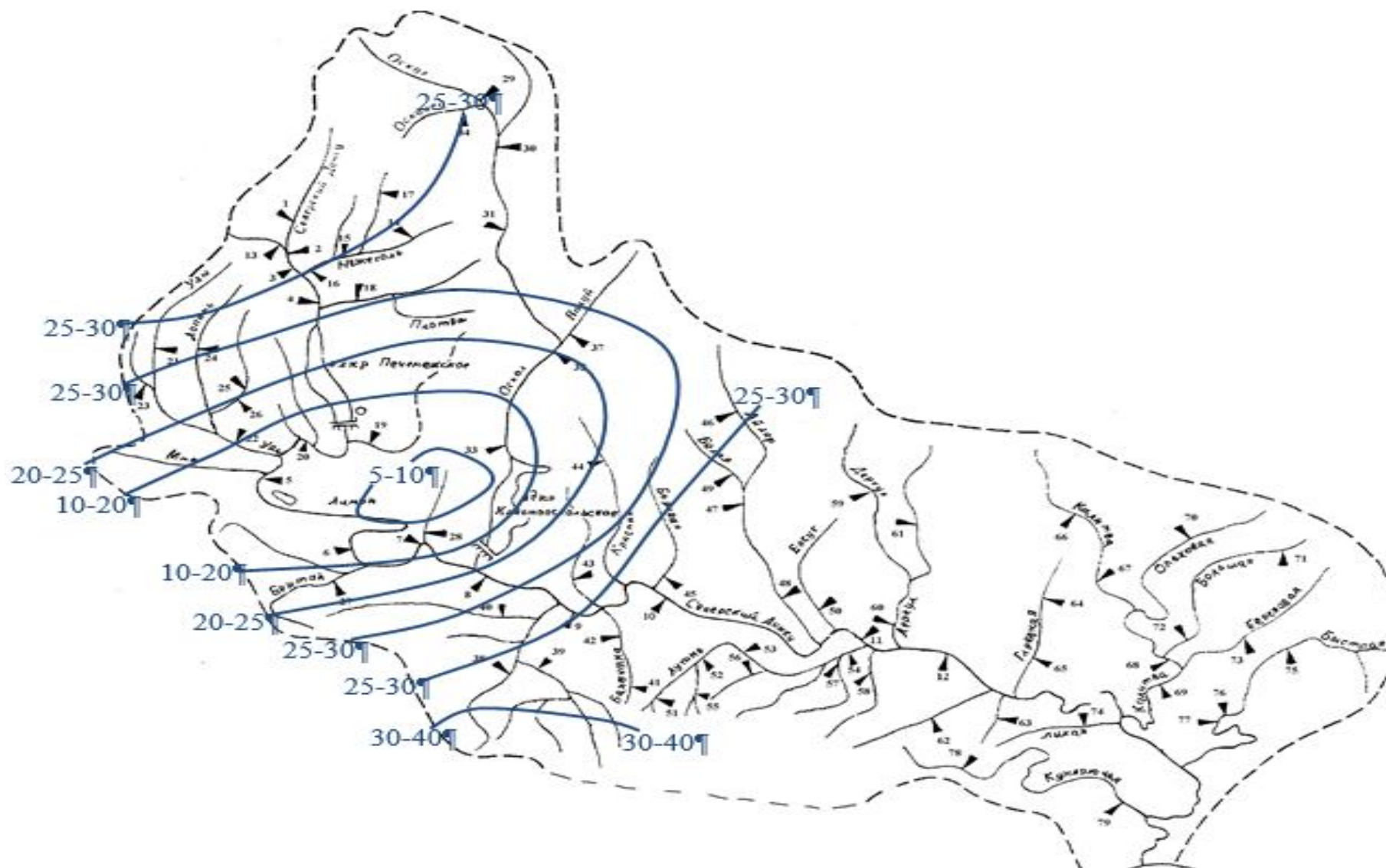


Рис 5.9– Карта – схема розподілу забезпеченості весняного водопілля 2017– 2018 р. в басейні р. Сіверський Донець (P,%)

Таблиця 5.13- Очікувані максимальні витрати (м³/с) води весняного водопілля на річках басейну Сіверського Дінця
(на ДВП_Sm)

№ поста	Річка	Пункт	Очікуване значення Qm	P%	δ _{доп.} , м ³ /с	Інтервал очікуваних значень		Максимальні витрати води у 2017 р.
						-	+	
150	р.Сіверський Донець	м. Чугуєв	168	50-60	284	0	451,58	
151	р.Сіверський Донець	м. Зміїв	418	60-70	284	133,85	701,85	
153	р.Сіверський Донець	м. Ізюм	251	40-55	284	0	534,88	116
165	р.Оскол	м.Куп'янськ	418	50-60	217	200,60	634,60	
167	р.Кривий Торець	сел. Алексєєво- Дружкова	-	-	32,4	0	32,40	
170	р.Бахмут	м.Северськ	-	-	32,4	0	32,40	
171	р.Жеребець	с. Троське	17	50-60	32,4	0	49,85	
172	р.Красна	с.Краснопопівка	42	60-70	84	0	125,72	
174	р.Айдар	с.Новоселівка	359	25-30	185	0	544,16	
179	р.Лугань	м.Луганськ	-	-	185	0	186,74	

Таблиця 5.16 - Оцінка прогнозів максимальних витрат води весняного водопілля на річці Сіверський Донець у 2017-2018р. (на ДВП_Sm)

№гідро	Річка-пост	(kQm)пр, м3/с	Q0,м3/с	(Qm)пр, м3/с	(Qm)сп, м3/с	δ,м3/с	δдоп, м3/с	δ/δдоп.	Cv	P%
150	р.Сіверський Донець – м. Чугуєв	1,20	294	353	-	-	207	-	1,11	25-30
151	р.Сіверський Донець – м. Зміїв	1,30	685	891	-	-	284	-	0,85	25-30
153	р.Сіверський Донець – м. Ізюм	1,16	392	455	163	-292	284	-1,0	1,22	25-30
165	р.Оскол - м.Куп'янськ	1,83	522	955	-	-	217	-	0,63	5-10
167	р.Кривий Торець – Сел. Алексєєво- Дружкова	-	43,8	-	-	-	36,3	-	1,23	-
170	р.Бахмут - м.Северськ	-	53,6	-	-	-	53,5	-	1,48	-
171	р.Жеребець - с. Троське	1,21	34,9	42	-	-	32,4	-	1,14	25-30
172	р.Красна - с.Краснопопівка	0,99	108	107	-	-	83,6	-	1,08	30-40
174	р.Айдар - с.Новоселівка	1,19	292	347	-	-	185	-	1,25	25-30
179	р.Лугань -м.Луганськ	-	57,9	-	-	-	41,4	-	1,06	-

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі представлені результати дослідження максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець – методика для розрахунку максимальних витрат води весняного водопілля 1% перевищення та довгострокові прогнози характеристик весняного водопілля та встановлення їх забезпеченостей у багаторічному розрізі.

За окремими розділами роботи можна зробити такі висновки:

1. Використані матеріали за період до 2010 року, включно. Вони охоплюють 52 водозбори з тривалостями спостережень від 15 до 102 років і розмірами водозборів від 31 км² (р. Ломоватка – ст. Алмазна) до 73200 км² (р. Сіверський Донець - с.Кружилівка), оперативні дані УкрГМЦ (снігозапасах, опадах, температури повітря, витрати, рівні).

2. Виконана статистична обробка часових рядів максимальних витрат води весняного водопілля здійснена з використанням методів моментів і найбільшої правдоподібності. Відношення $C_s/C_v=2,5$, тому для подальших розрахунків обраний метод найбільшої правдоподібності. В результаті статистичної обробки часових рядів встановлені витрати води різної ймовірності перевищення 1,3,5,10 % на основі трипараметричного гама – розподілу С.Н. Крицького і М.Ф. Менкеля.

3. Точність вихідної інформації по максимальному стоку річок в басейні р. Сіверський Донець становить 20,4%, тобто знаходиться на рівні вимог діючого нормативного документу СНіП 2.01.14-83.

4. Запропонована розрахункова схема максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець на основі базової моделі, заснованої на схематизації одноmodalних гідрографів стоку рекомендується для практичного використання при точності розрахунків 19,1%.

5. Складений прогноз шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля 2017 – 2018 р. в басейні р.Сіверський Донець. При цьому побудовані карти розподілу модульних коефіцієнтів шарів стоку та максимальних модульних коефіцієнтів весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець. Розподіл очікуваних модульних коефіцієнтів шарів стоку водопілля показує, що їх значення змінюються по території від 0,3 в південній

частині басейну, до 0,6 – в центральній. Забезпеченість шарів стоку $P_{\gamma}\%$ змінюється в межах – від 70-75% до 90-95%. Для максимальних витрат води водопілля їх значення змінюється по території від 1,0 в південній частині басейну, до 1,8 – в центрі розглядуваної території, а забезпеченість P_Q змінюється в межах 5-10% до 25-30%.

6. Здійснена оцінка прогнозу характеристик весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець – м. Ізюм, для шарів стоку вона склала $\delta/\delta_{доп} = 0,4$, а для максимальних витрат $\delta/\delta_{доп} = 1,0$, що вказує на те, що прогноз для шарів стоку має оцінку «добре», а для витрат води прогноз є «задовільний».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Л., Гидрометеиздат, т. 6, вып.3, 1967,491 с.
2. Вишневський В.І., Косоць О.О. Гідрологічні характеристики річок України.-К.: Ніка-Центр 2003,324 с. 2
3. Гребінь В.В Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В.Гребінь.-К.:Ніка-Центр,2010. 316с.
4. Швєбс Г.І., Ігошин М.І -Каталог річок і водойм України-Навчально-довідковий посібник .Одеса:Астропринт, 13 арк.іл. За редакцією професора Є.Д.Гопченко.2003. 392с.;
5. Степаненко С.М., Польовий А.М., ШкольнийЄ.П. та ін. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: [монографія] /колектив авт.: С.М. Степаненко, А.М. Польвий, Є.П. Школьний [та ін.]; за ред.С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса : Екологія, 2011. 696 с.
6. Гопченко.Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки - Одеса, ТЕС, 2014, 483с.
7. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации. – Л.:Гидрометеиздат, 1989. 302 с.
8. Костенко О.І. *Редуційна формула максимального стоку весняного водопілля і її реалізація в басейні р. Сіверський Донець*// Шевченківська весна – 2017. Географія: Збірник наукових праць XV міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. – К.: Прінт Сервіс, 2017. Випуск XV. с. 40.
9. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологический основы управления речным стоком. М., Наука, 1981, 235 с.
10. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. Л.: Гидрометеиздат , 1974. 419 с.
11. World Meteorological Organization, 1985: *Use of Radar in Meteorology*(G. A. Clift). Technical Note No. 181, WMO-No. 625, Geneva, pp. 80-86.

11. Burakov, D. A., 1967: Flood hydrograph calculation with runoff transformation in basins and channels taken into account. *Proceedings of the WMO/UNESCO Symposium on Hydrological Forecasting*. 29 November—5 December 1967, Surfers' Paradise, Queensland, Australia, pp. 139-146. In: World Meteorological Organization, 1969: *Hydrological Forecasting*. Technical Note No. 92, WMO-No. 228, Geneva.

12. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. 390 с.

13. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 358 с.

14. Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р.Прип'ять: монографія. Одеса: Екологія, 2011. 336 с.

15. Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р. Территориальное долгосрочное прогнозирование максимальных расходов воды весеннего половодья: Учебное пособие. К.: КНТ, 2005. 240 с.

16. Шакирзанова Ж.Р. Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок та естуаріїв території України: монографія.- Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2015. 252 с.

17. Шакирзанова Ж.Р. Довгострокові прогнози: Конспект лекцій. – Одеса: Вид-во ТЕС, 2010. 154 с.

19. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.

20. Наставление по службе прогнозов. – Вып.3, ч.1, Л.: Гидрометеиздат. 1962. 194 с.

21. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування / Керівний документ. Київ.: Український гідрометеорологічний центр, 2012. 120 с.

Додатки

Додаток А1 – Статистична обробка часових рядів максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець

№ п/ п	Річка – пост	F, км ²	n, років	Q _{ср} , м ³ /с	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					C _v	C _s	C _s /C _v	C _v	C _s	C _s /C _v
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	740	27	53,7	0,91	1,67	1,8	0,94	2,07	2,4
2	р. Сіверський Донець- Дальні піски	1700	44	95,9	0,8	1,05	1,3	0,81	1,16	1,4
3	р. Сіверський Донець - с. Огірцеве	5440	50	194,7	1,27	2,25	1,8	1,30	2,89	2,2
4	р. Сіверський Донець -м. Чугуїв	10300	54	224,7	1,25	2,39	1,9	1,28	3,07	2,4
5	р. Сіверський Донець - см. Зміїв	16600	85	547,7	0,89	1,26	1,4	0,9	1,34	1,5
6	р. Сіверський Донець - с.Протопопівка	19400	42	228,4	0,85	1,36	1,6	0,86	1,58	1,8
7	р. Сіверський Донець - м.Ізюм	22600	58	344,6	1,04	2,71	2,6	1,09	3,57	3,3
8	р.Сіверський Донець - с.Яремівка	38300	48	527,2	0,9	2,59	2,9	0,94	3,51	3,7
9	р. Сіверський Донець - с.Стародубівка	44400	51	545,1	1,06	2,84	2,7	1,13	3,92	3,5
10	р. Сіверський Донець - м.Лисичанськ	52400	102	836,1	0,84	1,5	1,8	0,85	1,60	1,9
11	р. Сіверський Донець - смт. Станично-Луган.	66800	40	804,2	0,84	2,04	2,4	0,85	2,66	3,1
12	р. Сіверський Донець - с.Кружилівка	73200	54	619,9	0,83	3,17	3,8	0,88	4,49	5,1
13	р. Болховець - м. Білгород	394	41	28,6	0,77	1,00	1,3	0,78	1,10	1,4
14	р. Нежеголь – с. В. Троїцьке	274	30	19,7	0,72	1,07	1,5	0,73	1,24	1,7
15	р. Нежеголь – м. Щебекіно	2070	37	143,9	0,96	1,90	2,0	0,98	2,47	2,5
16	р. Короча – м. Короча	378	25	38,8	0,75	0,87	1,1	0,77	0,99	1,3
17	р.Вовча - м.Вовчанськ	1330	56	74,9	0,97	1,95	2,0	0,98	2,35	2,4
18	р.Хотімля - с.Гарашківка	245	40	17,8	0,82	1,55	1,9	0,83	1,86	2,2

Продовження додатку А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	р. Велика Бабка – с. Пятницька	325	22	22,9	0,93	1,35	1,5	0,96	1,77	1,8
20	р. Уди - смт Пересічна	905	43	28,4	1,07	2,25	2,1	1,09	2,98	2,7
21	р. Уди - смт Безлюдівка	3300	52	119,4	1,00	2,69	2,7	1,05	3,63	3,4
22	р.Лопань - смт Козача Лопань	189	55	15,2	1,11	2,48	2,2	1,13	3,2	2,8
23	р. Харків - с.Циркуни	890	47	42,1	1,4	2,47	1,8	1,44	3,31	2,3
24	р. Бритаї – с.Тихопілля	1020	15	29,1	1,09	2,44	2,2	1,17	4,96	4,3
25	р. Оскіл – м. Старий Оскіл	1540	42	132,4	1,03	1,32	1,3	1,05	1,51	1,4
26	р. Оскіл – с. Ніновка	6270	37	419,5	1,02	2,04	2	1,05	2,72	2,6
27	р. Оскіл – р.п. Раздолъє	8640	44	397,3	0,88	1,96	2,2	0,89	2,47	2,8
28	р. Оскіл - м.Куп'янськ	12700	74	511,4	0,82	1,43	1,7	0,83	1,57	1,9
29	р. Осколець – м. Старий Оскіл	492	43	47,2	1,09	2,81	2,6	1,17	4,06	3,5
30	р. Халань – с Руська Халань	242	24	18,6	0,84	1,56	1,9	0,86	2,11	2,5
31	р. Валуй – м. Валуйки	1290	37	102,9	0,99	1,66	1,7	1,02	2,06	2
32	р. Казенний Торець - смт Райське	936	64	37,8	1,39	2,42	1,7	1,42	3,01	2,1
33	р. Кривий Торець - смт Олексієво-Дружківка	1530	58	40,2	1,19	2,43	2	1,22	3,09	2,5
34	р. Сухий Торець - смт Черкаське	1310	51	46	1,38	2,91	2,1	1,42	4,05	2,9
35	р. Бахмут - м.Артемівськ	433	40	9,44	0,89	2,01	2,3	0,90	2,61	2,9
36	р. Бахмут - м.Сіверськ	1560	49	47,4	1,46	2,84	1,9	1,51	3,96	2,6
37	р. Мокра Плотва - м.Карло-Лібкнехтівськ	400	19	22	1,47	1,69	1,2	1,59	2,55	1,6
38	р. Жеребець - с.Торське	857	55	50,6	1,78	4,48	2,5	2,04	7,33	3,6
39	р. Красна - с.Червонопопівка	2540	56	94,3	1,16	2,73	2,4	1,18	3,63	3,1

Продовження додатку А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40	р. Борова – с. Воїводівка	1930	17	95,2	1,02	0,92	0,9	1,07	1,15	1,1
41	р. Айдар - смт Білолуцьк	2250	61	151,8	1,13	2,02	1,8	1,15	2,41	2,1
42	р. Айдар - с.Бахмутівка	7160	27	252,3	0,91	1,84	2	0,94	2,56	2,7
43	р. Айдар - с.Новоселівка	6370	60	271,3	1,24	2,5	2	1,27	3,18	2,5
44	р. Євсуг - смт Петрівка	784	47	26,6	0,89	1,17	1,3	0,90	1,29	1,4
45	р. Лугань - с-ще Калинове	751	62	19,8	1,33	2,3	1,7	1,36	2,84	2,1
46	р. Лугань - м.Зимогір'я	1820	46	32,6	1,09	2,32	2,1	1,11	3,07	2,8
47	р. Лугань - м.Луганськ	3510	49	51,7	0,99	2,63	2,7	1,04	3,57	3,4
48	р. Ломоватка – ст. Алмазна	31	23	1,88	0,83	0,92	1,1	0,85	1,08	1,3
49	р. Вільхова - м.Луганськ	814	48	18	1,05	2,71	2,6	1,12	3,73	3,3
50	р. Луганчик – с. Новосвітловка	558	18	13,2	1,15	1,51	1,3	1,22	2,19	1,8
51	р. Деркул - смт Біловодськ	1380	44	41,5	0,79	1,28	1,6	0,81	1,46	1,8
52	р. Деркул - х.Юганів	5090	25	104,2	0,66	0,69	1,1	0,67	0,78	1,2

Додаток А2 – Визначення максимальних витрат води різної забезпеченості (P,%), при Cs/Cv=2,0

№ п/п	Річка-пост	F, км ²	Q□m, м ³ /с	Cv	Модульні коєфіцієнти забезпеченості, P%				Максимальні витрати забезпеченістю P %			
					1,0	3,0	5,0	10,0	1,0	3,0	5,0	10,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	740	53,7	0,94	4,34	3,33	2,83	2,16	233	179	152	116
2	р. Сів. Донець- Дальні піски	1700	95,9	0,81	3,92	2,99	2,57	2,03	376	287	246	195
3	р. Сів. Донець - с. Огірцеве	5440	195	1,30	6,22	4,3	3,48	2,46	1211	837	678	479
4	р. Сів. Донець -м. Чугуїв	10300	225	1,28	6,12	4,25	3,45	2,45	1375	955	775	551
5	р. Сів. Донець - см. Зміїв	16600	548	0,9	4,32	3,23	2,75	2,12	2366	1769	1506	1161
6	р. Сіверський Донець - с.Протопопівка	19400	228	0,86	4,14	3,12	2,67	2,08	946	713	610	475
7	р. Сіверський Донець - м.Ізюм	22600	345	1,09	5,21	3,74	3,11	2,30	1795	1289	1072	793
8	р.Сіверський Донець - с.Яремівка	38300	527	0,94	4,34	3,33	2,83	2,16	2288	1756	1492	1139
9	р.Сіверський Донець с.Стародубівка	44400	545	1,13	5,40	3,85	3,18	2,33	2944	2099	1733	1270
10	р.Сіверський Донець -м.Лисичанськ	52400	836	0,85	4,09	3,09	2,65	2,07	3420	2584	2216	1731
11	р. Сіверський Донець - смт. Станично - Луганське	66800	804	0,85	4,09	3,09	2,65	2,07	3289	2485	2131	1665
12	р. Сіверський Донець - с.Кружилівка	73200	620	0,88	4,23	3,18	2,71	2,10	2622	1971	1680	1302
13	р. Болховець - м. Білгород	394	28,6	0,78	3,78	2,91	2,51	1,99	108	83,2	71,8	56,9
14	р. Нежеголь – с. В. Троїцьке	274	19,7	0,73	3,56	2,77	2,41	1,93	70	54,6	47,5	38,0
15	р. Нежеголь – м. Щебекіно	2070	144	0,98	4,69	3,45	2,90	2,20	675	496	417	317
16	р. Короча – м. Короча	378	38,8	0,77	3,74	2,88	2,49	1,98	145	112	96,6	76,8
17	р.Вовча - м.Вовчанськ	1330	74,9	0,98	4,69	3,45	2,90	2,20	351	258	217	165

Продовження додатку А2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18	р.Хотімля - с.Гарашківка	245	17,8	0,83	4,01	3,04	2,61	2,04	71,0	54,0	46,0	36,0
19	р. Велика Бабка – с. Пятницька	325	22,9	0,96	4,59	3,39	2,86	2,18	105	78,0	65,0	50,0
20	р. Уди - смт Пересічна	905	28,4	1,09	5,21	3,74	3,11	2,30	148	106	88,0	65,0
21	р. Уди - смт Безлюдівка	3300	119	1,05	5,02	3,64	3,04	2,27	599	435	363	271
22	р.Лопань - смт Козача Лопань	189	15,2	1,13	5,4	3,85	3,18	2,33	82,0	59,0	48,0	35,0
23	р. Харків - с.Циркуни	890	42,1	1,44	6,91	4,66	3,71	2,55	291	196	156	107
24	р. Бритаї – с.Тихопілля	1020	29,1	1,17	5,59	3,96	3,26	2,37	163	115	95,0	69,0
25	р. Оскіл – м. Старий Оскіл	1540	132	1,05	5,02	3,64	3,04	2,27	665	482	402	301
26	р. Оскіл – с. Ніновка	6270	420	1,05	5,02	3,64	3,04	2,27	2106	1527	1275	952
27	р. Оскіл – р. Раздольє	8640	397	0,89	4,28	3,2	2,73	2,11	1700	1271	1085	838
28	р. Оскіл - м.Куп'янськ	12700	511	0,83	4,01	3,04	2,61	2,04	2051	1555	1335	1043
29	р. Осколець – м. Старий Оскіл	492	47,2	1,17	5,59	3,96	3,26	2,37	264	187	154	112
30	р. Халань – с Руська Халань	242	18,6	0,86	4,14	3,12	2,67	2,08	77,0	58,0	50,0	39
31	р. Валуй – м. Валуйки	1290	103	1,02	4,88	3,55	2,98	2,24	502	365	307	230
32	р. Казенний Торець - смт Райське	936	37,8	1,42	6,81	4,61	3,68	2,54	257	174	139	96,0
33	р. Кривий Торець - смт Олексієво-Дружківка	1530	40,2	1,22	5,83	4,09	3,34	2,40	234	164	134	96,0
34	р. Сухий Торець - смт Черкаське	1310	46,0	1,42	6,81	4,61	3,68	2,54	313	212	169	117
35	р. Бахмут - м.Артемівськ	433	9,4	0,90	4,32	3,23	2,75	2,12	41,0	30,0	26,0	20,0
36	р. Бахмут - м.Сіверськ	1560	47,4	1,51	7,25	4,84	3,83	2,60	344	229	182	123
37	р. Мокра Плотва - м.Карло-Лібкнехтівськ	400	22,0	1,59	7,65	5,04	3,95	2,64	168	111	87,0	58,0

Продовження додатку А2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
38	р. Жеребець - с.Торське	857	50,6	2,04	10,0	6,37	4,79	2,88	506	322	242	146
39	р. Красна - с.Червонопопівка	2540	94,3	1,18	5,64	3,99	3,27	2,37	532	376	308	223
40	р. Борова – с. Воїводівка	1930	95,2	1,07	5,12	3,69	3,07	2,28	487	351	292	217
41	р. Айдар - смт Білолуцьк	2250	152	1,15	5,49	3,91	3,22	2,35	833	594	489	357
42	р. Айдар - с.Бахмутівка	7160	252	0,94	4,34	3,33	2,83	2,16	1095	840	714	545
43	р. Айдар - с.Новоселівка	6370	271	1,27	6,07	4,22	3,43	2,44	1647	1145	931	662
44	р. Євсуг - смт Петрівка	784	26,6	0,90	4,32	3,23	2,75	2,12	115	86,0	73,0	56,0
45	р. Лугань - с-ще Калинове	751	19,8	1,36	6,51	4,46	3,58	2,50	129	88,0	71,0	50,0
46	р. Лугань - м.Зимогір'я	1820	32,6	1,11	5,31	3,79	3,15	2,32	173	124	103	76,0
47	р. Лугань - м.Луганськ	3510	51,7	1,04	4,97	3,61	3,02	2,26	257	187	156	117
48	р. Ломоватка – ст. Алмазна	31	1,9	0,85	4,09	3,09	2,65	2,07	7,70	5,80	5,00	3,90
49	р. Вільхова - м.Луганськ	814	18,0	1,12	5,35	3,82	3,17	2,33	96,0	69,0	57,0	42,0
50	р. Луганчик – с. Новосвітловка	558	13,2	1,22	5,83	4,09	3,34	2,40	77,0	54,0	44,0	32,0
51	р. Деркул - смт Біловодськ	1380	41,5	0,81	3,92	2,99	2,57	2,03	163	124	107	84,0
52	р. Деркул - х.Юганів	5090	104	0,67	3,29	2,61	2,29	1,86	343	272	239	194

Додаток А3 – Вихідні дані для побудови залежності $\lg q_1\% = \lg (F+1)$

№ п/п	Річка-пост	F, км ²	Q ₁ %, м ³ /с	q ₁ %, м ³ /с*км ²	lg q ₁ %	lg (F+1)
1	2	3	4	5	6	7
1	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	740	233	0,315	-0,50	2,87
2	р. Сів. Донець- Дальні піски	1700	376	0,221	-0,66	3,23
3	р. Сів. Донець - с. Огірцеве	5440	1211	0,223	-0,65	3,74
4	р. Сів. Донець -м. Чугуїв	10300	1375	0,134	-0,87	4,01
5	р. Сів. Донець - см. Зміїв	16600	2366	0,143	-0,85	4,22
6	р. Сіверський Донець - с.Протопопівка	19400	946	0,049	-1,31	4,29
7	р. Сіверський Донець - м.Ізюм	22600	1795	0,079	-1,10	4,35
8	р.Сіверський Донець - с.Яремівка	38300	2288	0,060	-1,22	4,58
9	р. Сіверський Донець - с.Стародубівка	44400	2944	0,066	-1,18	4,65
10	р. Сіверський Донець - м.Лисичанськ	52400	3420	0,065	-1,19	4,72
11	р. Сіверський Донець - смт. Станично – Луганське	66800	3289	0,049	-1,31	4,82
12	р. Сіверський Донець - с.Кружилівка	73200	2622	0,036	-1,45	4,86
13	р. Болховець - м. Білгород	394	108	0,274	-0,56	2,60
14	р. Нежеголь – с. В. Троїцьке	274	70	0,256	-0,59	2,44
15	р. Нежеголь – м. Щекіно	2070	675	0,326	-0,49	3,32
16	р. Короча – м. Короча	378	145	0,384	-0,42	2,58
17	р.Вовча - м.Вовчанськ	1330	351	0,264	-0,58	3,12
18	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	245	71	0,291	-0,54	2,39
19	р. Велика Бабка – с. Пятницька	325	105	0,323	-0,49	2,51

Продовження додатку А3

1	2	3	4	5	6	7
20	р. Уди - смт Пересічна	905	148	0,163	-0,79	2,96
21	р. Уди - смт Безлюдівка	3300	599	0,182	-0,74	3,52
22	р.Лопань - смт Козача Лопань	189	82	0,434	-0,36	2,28
23	р. Харків - с.Циркуни	890	291	0,327	-0,49	2,95
24	р. Бритаї – с.Тихопілля	1020	163	0,159	-0,80	3,01
25	р. Оскіл – м. Старий Оскіл	1540	665	0,432	-0,36	3,19
26	р. Оскіл – с. Ніновка	6270	2106	0,336	-0,47	3,80
27	р. Оскіл – р.п. Раздольє	8640	1700	0,197	-0,71	3,94
28	р. Оскіл - м.Куп'янськ	12700	2051	0,161	-0,79	4,10
29	р. Осколець – м. Старий Оскіл	492	264	0,536	-0,27	2,69
30	р. Халань – с Руська Халань	242	77	0,318	-0,50	2,39
31	р. Валуй – м. Валуйки	1290	502	0,389	-0,41	3,11
32	р. Казенний Торець - смт Райське	936	257	0,275	-0,56	2,97
33	р. Кривий Торець - смт Олексієво-Дружк.	1530	234	0,153	-0,81	3,18
34	р. Сухий Торець - смт Черкаське	1310	313	0,239	-0,62	3,12
35	р. Бахмут - м.Артемівськ	433	41	0,094	-1,03	2,64
36	р. Бахмут - м.Сіверськ	1560	344	0,220	-0,66	3,19
37	р. Мокра Плотва - м.Карло-Лібкнехтівськ	400	168	0,421	-0,38	2,60
38	р. Жеребець - с.Горське	857	506	0,590	-0,23	2,93
39	р. Красна - с.Червонопопівка	2540	532	0,209	-0,68	3,41
40	р. Борова – с. Воїводівка	1930	487	0,253	-0,60	3,29
41	р. Айдар - смт Білолуцьк	2250	833	0,370	-0,43	3,35
42	р. Айдар - с.Бахмутівка	7160	1095	0,153	-0,82	3,85

Продовження додатку А3

1	2	3	4	5	6	7
43	р. Айдар - с.Новоселівка	6370	1647	0,259	-0,59	3,80
44	р. Євсуг - смт Петрівка	784	115	0,147	-0,83	2,89
45	р. Лугань - с-ще Калинове	751	129	0,172	-0,77	2,88
46	р. Лугань - м.Зимогір'я	1820	173	0,095	-1,02	3,26
47	р. Лугань - м.Луганськ	3510	257	0,073	-1,14	3,55
48	р. Ломоватка – ст. Алмазна	31	7,7	0,248	-0,61	1,51
49	р. Вільхова - м.Луганськ	814	96	0,118	-0,93	2,91
50	р. Луганчик – с. Новосвітловка	558	77	0,138	-0,86	2,75
51	р. Деркул - смт Біловодськ	1380	163	0,118	-0,93	3,14
52	р. Деркул - х.Юганів	5090	343	0,067	-1,17	3,71

Додаток А4– Визначення індивідуальних модулів схилового припливу $q'_1\%$ в басейні Сіверського Дінця

№ п/п	Річка-пост	F, км ²	$q_1\%$, м ³ /с*км ²	$(F+1)^{0,29}$	$q'_1\%$, м ³ /с*км ²
1	2	3	4	5	6
1	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	740	0,315	6,80	2,14
2	р. Сів. Донець- Дальні піски	1700	0,221	8,65	1,91
3	р. Сів. Донець - с. Огірцеве	5440	0,223	12,1	2,70
4	р. Сів. Донець -м. Чугуїв	10300	0,133	14,6	1,95
5	р. Сів. Донець - см. Зміїв	16600	0,143	16,7	2,39
6	р. Сіверський Донець - с.Протопопівка	19400	0,049	17,5	0,85
7	р. Сіверський Донець - м.Ізюм	22600	0,079	18,3	1,45
8	р.Сіверський Донець - с.Яремівка	38300	0,060	21,3	1,27
9	р. Сіверський Донець - с.Стародубівка	44400	0,066	22,3	1,48
10	р. Сіверський Донець - м.Лисичанськ	52400	0,065	23,4	1,53
11	р. Сіверський Донець - смт. Станично – Луганське	66800	0,049	25,1	1,23
12	р. Сіверський Донець - с.Кружилівка	73200	0,036	25,7	0,92
13	р. Болховець - м. Білгород	394	0,274	5,66	1,55
14	р. Нежеголь – с. В. Троїцьке	274	0,255	5,10	1,30
15	р. Нежеголь – м. Щебекіно	2070	0,326	9,16	2,99
16	р. Короча – м. Короча	378	0,384	5,60	2,15
17	р.Вовча - м.Вовчанськ	1330	0,264	8,05	2,13
18	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	245	0,290	4,94	1,43
19	р. Велика Бабка – с. Пятницька	325	0,323	5,36	1,73

Продовження додатку А4

1	2	3	4	5	6
20	р. Уди - смт Пересічна	905	0,164	7,20	1,18
21	р. Уди - смт Безлюдівка	3300	0,182	10,5	1,90
22	р.Лопань - смт Козача Лопань	189	0,434	4,58	1,99
23	р. Харків - с.Циркуни	890	0,327	7,17	2,34
24	р. Бритаї - с.Тихопілля	1020	0,160	7,46	1,19
25	р. Оскіл - м. Старий Оскіл	1540	0,432	8,40	3,63
26	р. Оскіл - с. Ніновка	6270	0,336	12,6	4,24
27	р. Оскіл - р.п. Раздол'є	8640	0,197	13,9	2,73
28	р. Оскіл - м.Куп'янськ	12700	0,161	15,5	2,50
29	р. Осколець - м. Старий Оскіл	492	0,537	6,04	3,24
30	р. Халань - с Руська Халань	242	0,318	4,92	1,56
31	р. Валуй - м. Валуйки	1290	0,389	7,98	3,11
32	р. Казенний Торець - смт Райське	936	0,275	7,27	2,00
33	р. Кривий Торець - смт Олексієво-Дружк.	1530	0,153	8,39	1,28
34	р. Сухий Торець - смт Черкаське	1310	0,239	8,02	1,92
35	р. Бахмут - м.Артемівськ	433	0,095	5,82	0,55
36	р. Бахмут - м.Сіверськ	1560	0,221	8,44	1,86
37	р. Мокра Плотва - м.Карло-Лібкнехтівськ	400	0,420	5,69	2,39
38	р. Жеребець - с.Торське	857	0,590	7,09	4,19
39	р. Красна - с.Червонопопівка	2540	0,209	9,72	2,03
40	р. Борова - с. Воїводівка	1930	0,252	8,97	2,26
41	р. Айдар - смт Білолуцьк	2250	0,370	9,38	3,47
42	р. Айдар - с.Бахмутівка	7160	0,153	13,1	2,01

Продовження додатку А4

1	2	3	4	5	6
43	Айдар - с.Новоселівка	6370	0,259	12,7	3,28
44	Євсуг - смт Петрівка	784	0,147	6,91	1,01
45	Лугань - с-ще Калинове	751	0,172	6,83	1,17
46	Лугань - м.Зимогір'я	1820	0,095	8,82	0,84
47	Лугань - м.Луганськ	3510	0,073	10,7	0,78
48	Ломоватка – ст. Алмазна	31	0,248	2,73	0,68
49	Вільхова - м.Луганськ	814	0,118	6,99	0,83
50	Луганчик – с. Новосвітловка	558	0,138	6,26	0,86
51	Деркул - смт Біловодськ	1380	0,118	8,14	0,96
52	Деркул - х.Юганів	5090	0,067	11,9	0,80

Додаток А5 –Визначення похибок максимальних модулів стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець визначених за допомогою карти $q'_1\%(p)$ з вихідними даними $q'_1\%(ф)$

№ п/п	Річка-пост	F, км ²	$q'_1\%(ф)$, м ³ /с*км ²	$q'_1\%(p)$, м ³ /с*км ²	Δ, %
1	2	3	4	5	6
1	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	740	2,14	2,10	1,90
2	р. Сів. Донець- Дальні піски	1700	1,91	2,00	4,50
3	р. Сів. Донець - с. Огірцеве	5440	2,70	2,20	22,73
4	р. Сів. Донець -м. Чугуїв	10300	1,95	2,00	2,50
5	р. Сів. Донець - см. Зміїв	16600	2,39	2,00	19,50
6	р. Сіверський Донець - с.Протопопівка	19400	0,85	2,00	57,50
7	р. Сіверський Донець - м.Ізюм	22600	1,45	2,00	27,50
8	р.Сіверський Донець - с.Яремівка	38300	1,27	2,00	36,50
9	р. Сіверський Донець - с.Стародубівка	44400	1,48	2,00	26,00
10	р. Сіверський Донець - м.Лисичанськ	52400	1,53	2,00	23,50
11	р. Сіверський Донець - смт. Станично – Луганське	66800	1,23	2,00	38,50
12	р. Сіверський Донець - с.Кружилівка	73200	0,92	2,00	54,00
13	р. Болховець - м. Білгород	394	1,55	2,00	22,50
14	р. Нежеголь – с. В. Троїцьке	274	1,30	2,00	35,00
15	р. Нежеголь – м. Щебекіно	2070	2,99	2,00	49,50
16	р. Короча – м. Короча	378	2,15	2,50	14,00
17	р.Вовча - м.Вовчанськ	1330	2,13	2,15	0,93
18	р.Хотімля - с.Гарашківка	245	1,43	2,00	28,50
19	р. Велика Бабка – с. Пятницька	325	1,73	1,50	15,33
20	р. Уди - смт Пересічна	905	1,18	1,20	1,67
21	р. Уди - смт Безлюдівка	3300	1,90	1,60	18,75
22	р.Лопань - смт Козача Лопань	189	1,99	2,00	0,50
23	р. Харків - с.Циркуни	890	2,34	2,00	17,00
24	р. Бритаї – с.Тихопілля	1020	1,19	1,30	8,46
25	р. Оскіл – м. Старий Оскіл	1540	3,63	3,50	3,71
26	р. Оскіл – с. Ніновка	6270	4,24	4,00	6,00
27	р. Оскіл – р.п. Раздолье	8640	2,73	2,50	9,20
28	р. Оскіл - м.Куп'янськ	12700	2,50	2,50	0,00
29	р. Осколець – м. Старий Оскіл	492	3,24	3,50	7,43

Продовження додатку А5

1	2	3	4	5	6
30	р. Халань – с Руська Халань	242	1,56	2,00	22,00
31	р. Валуй – м. Валуйки	1290	3,11	3,00	3,67
32	р. Казенний Торець - смт Райське	936	2,00	2,00	0,00
33	р. Кривий Торець - смт Олексієво-Дружківка	1530	1,28	1,30	1,54
34	р. Сухий Торець - смт Черкаське	1310	1,92	1,80	6,67
35	р. Бахмут - м.Артемівськ	433	0,55	0,70	21,43
36	р. Бахмут - м.Сіверськ	1560	1,86	1,60	16,25
37	р. Мокра Плотва - м.Карло-Лібкнехтівськ	400	2,39	2,40	0,42
38	р. Жеребець - с.Торське	857	4,19	4,00	4,75
39	р. Красна - с.Червонопопівка	2540	2,03	2,00	1,50
40	р. Борова – с. Воїводівка	1930	2,26	2,50	9,60
41	р. Айдар - смт Білолуцьк	2250	3,47	3,00	15,67
42	р. Айдар - с.Бахмутівка	7160	2,01	2,00	0,50
43	р. Айдар - с.Новоселівка	6370	3,28	3,00	9,33
44	р. Євсуг - смт Петрівка	784	1,01	1,00	1,00
45	р. Лугань - с-ще Калинове	751	1,17	1,20	2,50
46	р. Лугань - м.Зимогір'я	1820	0,84	0,80	5,00
47	р. Лугань - м.Луганськ	3510	0,78	0,80	2,50
49	р. Вільхова - м.Луганськ	814	0,82	0,80	2,50
50	р. Луганчик – с. Новосвітловка	558	0,86	1,00	14,00
51	р. Деркул - смт Біловодськ	1380	0,96	1,00	4,00
52	р. Деркул - х.Юганів	5090	0,92	1,00	8,00

Додаток А6 – Точність визначення максимальних витрат води весняного водопілля в басейні р. забезпеченістю $P=1\%$

№	Річка – пост	F, км ²	n, років	Cv	\sqrt{n}	E σ	σQ_1 %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	740	27	0,94	5,20	1,25	24,06
2	р. Сів. Донець- Дальні піски	1700	44	0,81	6,63	1,13	17,04
3	р. Сів. Донець - с. Огірцеве	5440	50	1,30	7,07	1,85	26,16
4	р. Сів. Донець -м. Чугуїв	10300	54	1,28	7,35	1,85	25,18
5	р. Сів. Донець - см. Зміїв	16600	85	0,9	9,22	1,21	13,12
6	р. Сіверський Донець - с.Протопопівка	19400	42	0,86	6,48	1,15	17,74
7	р. Сіверський Донець - м.Ізюм	22600	58	1,09	7,62	1,85	24,29
8	р.Сіверський Донець - с.Яремівка	38300	48	0,94	6,93	1,25	18,04
9	р. Сіверський Донець - с.Стародубівка	44400	51	1,13	7,14	1,85	25,91
10	р. Сіверський Донець - м.Лисичанськ	52400	102	0,85	10,1 0	1,15	11,39
11	р. Сіверський Донець - смт. Стан. Луг	66800	40	0,85	6,32	1,15	18,18
12	р. Сіверський Донець - с.Кружилівка	73200	54	0,88	7,35	1,21	16,47
13	р. Болховець - м. Білгород	394	41	0,78	6,40	1,11	17,34
14	р. Нежеголь – с. В. Троїцьке	274	30	0,73	5,48	1,03	18,81
15	р. Нежеголь – м. Щебекіно	2070	37	0,98	6,08	1,28	21,04
16	р. Короча – м. Короча	378	25	0,77	5,00	1,10	22,00
17	р.Вовча - м.Вовчанськ	1330	56	0,98	7,48	1,27	16,97
18	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	245	40	0,83	6,32	1,11	17,55
19	р. Велика Бабка – с. Пятницька	325	22	0,96	4,69	1,26	26,86
20	р. Уди - смт Пересічна	905	43	1,09	6,56	1,85	28,21
21	р. Уди - смт Безлюдівка	3300	52	1,05	7,21	1,85	25,65
22	р.Лопань - смт Козача Лопань	189	55	1,13	7,42	1,85	24,95
23	р. Харків - с.Циркуни	890	47	1,44	6,86	1,85	26,99
24	р. Бритаї – с.Тихопілля	1020	15	1,17	3,87	1,85	47,77
25	р. Оскіл – м. Старий Оскіл	1540	42	1,05	6,48	1,85	28,55
26	р. Оскіл – с. Ніновка	6270	37	1,05	6,08	1,85	30,41
27	р. Оскіл – р.п. Раздольє	8640	44	0,89	6,63	1,27	19,15
28	р. Оскіл - м.Куп'янськ	12700	74	0,83	8,60	1,22	14,18
29	р. Осколець – м. Старий Оскіл	492	43	1,17	6,56	1,85	28,21
30	р. Халань – с Руська Халань	242	24	0,86	4,90	1,14	23,27
31	р. Валуй – м. Валуйки	1290	37	1,02	6,08	1,85	30,41
32	р. Казенний Торець - смт Райське	936	64	1,42	8,00	1,85	23,13
33	р. Кривий Торець - смт Ол.-Дружк.	1530	58	1,22	7,62	1,85	24,29
34	р. Сухий Торець - смт Черкаське	1310	51	1,42	7,14	1,85	25,91

Додаток А7 –Перевірка методики максимальних модулів стоку весняного водопілля в басейні річки Сіверський Донець визначених за формулою 3.13 $q_1\%(p)$ з вихідними даними $q_1\%(ф)$

№ п/п	Річка-пост	F, км ²	$q_1\%(ф)$ м ³ /с*км ²	$q_1\%(p)$, м ³ /с*км ²	Δ, %
1	2	3	4	5	6
1	р. Сіверський Донець – с. Кісельово	740	0,315	0,309	1,86
2	р. Сів. Донець- Дальні піски	1700	0,221	0,231	4,57
3	р. Сів. Донець - с. Огірцеве	5440	0,223	0,182	18,43
4	р. Сів. Донець -м. Чугуїв	10300	0,133	0,137	2,76
5	р. Сів. Донець - см. Зміїв	16600	0,143	0,119	16,19
6	р. Сіверський Донець - с.Протопопівка	19400	0,049	0,114	134
7	р. Сіверський Донець - м.Ізюм	22600	0,079	0,109	37,52
8	р.Сіверський Донець - с.Яремівка	38300	0,060	0,094	56,91
9	р. Сіверський Донець - с.Стародубівка	44400	0,066	0,090	35,44
10	р. Сіверський Донець - м.Лисичанськ	52400	0,065	0,086	31,14
11	р. Сіверський Донець - смт. Станично – Луганське	66800	0,049	0,080	62,02
12	р. Сіверський Донець - с.Кружилівка	73200	0,036	0,078	116,8
13	р. Болховець - м. Білгород	394	0,274	0,353	28,85
14	р. Нежеголь – с. В. Троїцьке	274	0,255	0,392	53,56
15	р. Нежеголь – м. Щебекіно	2070	0,326	0,218	33,01
16	р. Короча – м. Короча	378	0,384	0,447	16,48
17	р.Вовча - м.Вовчанськ	1330	0,264	0,267	1,15
18	р.Хотімля - с.Гарашківка	245	0,290	0,405	39,82
19	р. Велика Бабка – с. Пятницька	325	0,323	0,280	13,31
20	р. Уди - смт Пересічна	905	0,164	0,167	1,86
21	р. Уди - смт Безлюдівка	3300	0,182	0,153	15,90
22	р.Лопань - смт Козача Лопань	189	0,434	0,437	0,66
23	р. Харків - с.Циркуни	890	0,327	0,279	14,68
24	р. Бритаї – с.Тихопілля	1020	0,160	0,174	9,08
25	р. Оскіл – м. Старий Оскіл	1540	0,432	0,416	3,55
26	р. Оскіл – с. Ніновка	6270	0,336	0,317	5,67
27	р. Оскіл – р.п. Раздольє	8640	0,197	0,180	8,29
28	р. Оскіл - м.Куп'янськ	12700	0,161	0,161	0,08
29	р. Осколець – м. Старий Оскіл	492	0,537	0,580	8,02

Продовження додатку А7

1	2	3	4	5	6
30	р. Халань – с Руська Халань	242	0,318	0,407	27,80
31	р. Валуй – м. Валуйки	1290	0,389	0,376	3,43
32	р. Казенний Торець - смт Райське	936	0,275	0,275	0,13
33	р. Кривий Торець - смт Олексієво-Дружківка	1530	0,153	0,155	1,34
34	р. Сухий Торець - смт Черкаське	1310	0,239	0,224	6,05
35	р. Бахмут - м.Артемівськ	433	0,095	0,120	27,04
36	р. Бахмут - м.Сіверськ	1560	0,221	0,190	13,98
37	р. Мокра Плотва - м.Карло-Лібкнехтівськ	400	0,420	0,422	0,47
38	р. Жеребець - с.Торське	857	0,590	0,564	4,46
39	р. Красна - с.Червонопопівка	2540	0,209	0,206	1,71
40	р. Борова – с. Воїводівка	1930	0,252	0,279	10,43
41	р. Айдар - смт Білолуцьк	2250	0,370	0,320	13,61
42	р. Айдар - с.Бахмутівка	7160	0,153	0,152	0,32
43	р. Айдар - с.Новоселівка	6370	0,259	0,237	8,52
44	р. Євсуг - смт Петрівка	784	0,147	0,145	1,35
45	р. Лугань - с-ще Калинове	751	0,172	0,176	2,36
46	р. Лугань - м.Зимогір'я	1820	0,095	0,091	4,58
47	р. Лугань - м.Луганськ	3510	0,073	0,075	2,42
49	р. Вільхова - м.Луганськ	814	0,248	0,293	18,05
50	р. Луганчик – с. Новосвітловка	558	0,118	0,143	20,99
51	р. Деркул - смт Біловодськ	1380	0,138	0,160	15,78
52	р. Деркул - х.Юганів	5090	0,118	0,123	4,21
					19,1

Додаток Б – Апробація результатів роботи

1. Костенко О.І. *Редуційна формула максимального стоку весняного водопілля і її реалізація в басейні р. Сіверський Донець*// Шевченківська весна – 2017. Географія: Збірник наукових праць XV міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. – К.: Прінт Сервіс, 2017. Випуск XV. с. 40.

2. Костенко О.І. *Довгострокове прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля на території північно-західної частини Причорноморської низовини* – Матеріали XVI наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ОДЕКУ, 2017. с. 92-93.

3. Костенко О.І. *Територіальний довгостроковий прогноз максимального стоку весняного водопілля в басейні Сіверський Донець*// Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2017: Сборник тезисов. – Иваново: Научный мир, 2017. с. 11-12.

4. Костенко О.І. *Прогноз максимальних витратводи весняного водопілля в басейні р. Сіверський Донець з метою запобігання шкідливої дії води на навколишнє середовище*// Матеріали V Міжнародної наукової конференції молодих вчених "Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування" ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 29-30 листопада 2017р. с. 46– 47.

5. Ємельянова К.Б., Костенко О.І. *Удосконалення науково – методичних підходів щодо визначення розрахункових характеристик максимального стоку рівнинних річок*// Матеріали III Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія : актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» ОДЕКУ, 21-23 березня 2018р. с. 93-94.