

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут  
Кафедра гідрології суші

**Бакалаврська кваліфікаційна робота**

на тему: Визначення характеристик максимального стоку паводків теплового періоду для річок північно-східного схилу Кримських гір

Виконав студент 4-го року навчання  
групи МСГ-18  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
Фісенко Олександр Валентинович

Керівник канд. геогр. наук, ст. викладач  
Тодорова Олена Іванівна

Консультант

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

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут

Кафедра Гідрології суші

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 103 Науки про Землю

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри гідрології суші**



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

**“27” квітня 2020 року**

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

Фісенку Олександр Валентиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Визначення характеристик максимального стоку паводків теплої періоду для річок північно-східного схилу Кримських гір  
керівник роботи Тодорова Олена Іванівна, канд. геогр. наук, ст. викладач

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “17” квітня 2020 року № 40 «с»

2. Строк подання студентом роботи 30 травня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи основні гідрографічні характеристики водозборів річок північно-східного схилу Кримських гір, дані гідрометеорологічних спостережень за витратами води та шарами стоку (з початку спостережень по 2010 р.).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз фізико-географічних умов формування дощових паводків для річок північно-східного схилу Кримських гір – географічного положення, рельєфу, ґрунтового і рослинного покриву, особливості кліматичних умов, характеристик водного режиму, гідрометеорологічної вивченості території. Оцінка однорідності в рядах максимального стоку річок східної частини північного схилу Кримських гір. Статистична обробка рядів максимальних витрат води та шарів паводочного стоку. Визначення характеристик максимального стоку паводків теплої періоду для річок північно-східного схилу Кримських гір.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Карто-схеми географічного положення річок північно-східного схилу Кримських гір, ґрунтів, рослинності, розташування гідрологічних постів.

6. Консультанти розділів роботи


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

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ	27.04-03.05.2020	75	добре
2	Коротка фізико-географічна характеристика східної частини північного схилу Кримських гір	04.05-07.05.2020	75	добре
3	Оцінка однорідності в рядах максимального стоку річок східної частини північного схилу Кримських гір	08.05-11.05.2020	65	задовільно
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>11.05-16.05.2020</b>		
4	Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку паводків річок східної частини північного схилу Кримських гір	12.05-15.05.2020	65	задовільно
5	Визначення характеристик максимального стоку паводків теплого періоду для річок північно-східного схилу Кримських гір	16.05-17.05.2020	70	задовільно
6	Висновки	17.05-18.05.2020	68	задовільно
	Оформлення роботи	19.05-21.05.2020		
	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	31.05.2020		
	Підготовка доповіді, презентації			
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>70</b>	<b>задовільно</b>

Студент



( підпис )

**Фісенко О.В.**

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



( підпис )

**Тодорова О.І**

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

	С.
Вступ .....	5
1 Коротка фізико-географічна характеристика східної частини північного схилу Кримських гір.....	6
1.1 Географічне положення і рельєф .....	6
1.2 Ґрунти і рослинність .....	9
1.3 Карст.....	13
1.4 Клімат.....	15
1.5 Гідрологічна вивченість та особливості водного режиму стоку річок східної частини північного схилу Кримських гір.....	17
2 Оцінка однорідності в рядах максимального стоку паводків теплового періоду річок східної частини північного схилу Кримських гір. ....	21
2.1 Критерії однорідності часових рядів .....	21
2.2 Аналіз однорідності для річок східної частини північного схилу Кримських гір. ....	22
3 Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку паводків теплового періоду річок східної частини північного схилу Кримських гір ...	26
3.1 Методи визначення статистичних параметрів.....	26
3.1.1 Метод моментів .....	26
3.1.2 Метод найбільшої правдоподібності .....	31
3.2 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води .....	33
3.3 Статистична обробка рядів шарів паводочного стоку .....	34
4 Визначення характеристик максимального стоку паводків теплового періоду для річок північно-східного схилу Кримських гір .....	38
4.1 Розрахунок максимальних витрат води заданої ймовірності перевищення .....	38
4.2 Розрахунок шарів паводочного стоку заданої ймовірності перевищення .....	41
Висновки .....	44
Перелік джерел посилання .....	45

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Згідно вимог Водної Паводкової Директиви ЄС характеристики максимального стоку річок, взагалі, і дощових паводків, зокрема, відносяться до категорії екстремально небезпечних явищ природи внаслідок затоплення прилеглих до річок територій, населених пунктів й інших об'єктів господарювання.

**Вихідні дані.** Основні гідрографічні характеристики водозборів річок, дані гідрометеорологічних спостережень за максимальними витратами води та шарами стоку дощових паводків теплого періоду для річок східної частини північного схилу Кримських гір.

**Метою дослідження** є визначення характеристик максимального стоку паводків теплого періоду для річок північно-східного схилу Кримських гір.

**Об'єкт дослідження.** Річки східної частини північного схилу Кримських гір.

**Методи дослідження.** Розрахункові параметри визначаються із застосуванням статистичних методів аналізу матеріалів спостережень.

У *першому розділі* наведена фізико-географічна характеристика досліджуваної території, відмічені особливості формування водного режиму річок східної частини північного схилу Кримських гір.

*Другий розділ* присвячений оцінці однорідності вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків теплого періоду річок східної частини північного схилу Кримських гір.

У *третьому розділі* роботи представлена статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків теплого періоду річок східної частини північного схилу Кримських гір.

У *четвертому розділі* представлені розрахунки максимальних витрат води та шарів паводочного стоку заданої ймовірності перевищення для річок східної частини північного схилу Кримських гір.

# 1 КОРОТКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПІВНІЧНОГО СХИЛУ КРИМСЬКИХ ГІР

## 1.1 Географічне положення і рельєф

До річок північно-східного схилу Кримських гір відноситься найбільш велика по площі басейну та довжині річка Салгир та її притоки (Біюк-Карасу, Малий Салгир, Бештерек, Зуя, Бурульча, Кучук-Карасу, Кизил-Коба), а також Су-Індол та інші водотоки (рис.1.1).

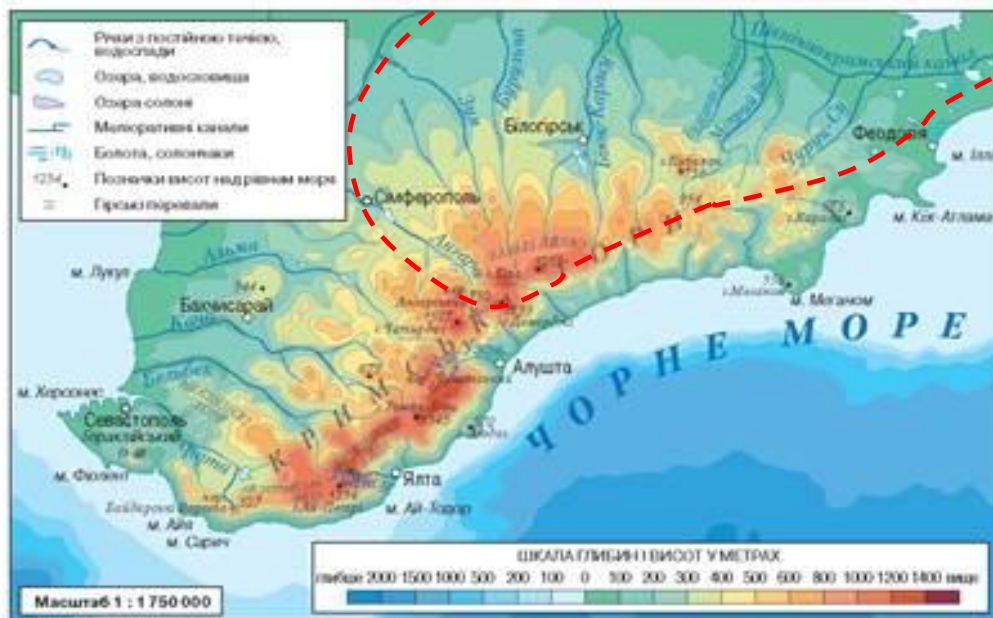


Рисунок 1.1 - Карта-схема географічного положення Криму [1]

Салгир та його основні притоки беруть початок на північних схилах Головної гряди Кримських гір. Салгир разом з його притокою Біюк-Карасу представляють найбільшу в Криму річкову систему. Загальна довжина Салгира та 14-ти його приток – 923км. Площа водозбірного басейну Салгира – 3750км<sup>2</sup>. Починається Салгир від місця злиття річок Кизил-Коба та Ангара північніше села Перевальне [2].

Салгир після злиття річок Ангара і Кизил-Коба спочатку тече в ущелині, складеній вапняками; біля с. Аян вони змінюються глинистими сланцями, долина значно розширюється, набуває ящикоподібну форму; в середній течії вона також широка, виключаючи суджений ділянку в місці прориву середньої гряди.

Формування куестового рельєфу обумовлене моноклінальним заляганням порід з різною їх стійкістю до руйнування і розвитку субсеквентних річкових долин. Вся система куест об'єднана Внутрішньою і Зовнішньою грядами, яку розділяє поздовжня долина. Внутрішня передгірна гряда тягнеться від Інкерманських висот до гори Агармиш. Зовнішня куєстова гряда витягнута від Гаракейського півострова (мис Фіолент) в північно-східному напрямку, паралельно Внутрішній гряді, і закінчується північно-західніше міста Старий Крим. Довгі і пологі схили гряди носять характер піднесеного злегка нахиленого плато, непомітно переходить у степову область рівнинного Криму, де вапняково-мергелісті породи перекриті пухкими континентальними глинисто-щебнієвими відкладеннями і покривом алювіально-пролювіальних галечників [2].

Південна найбільш піднесена частина рівнини характеризується полого-похилою до півночі поверхнею. На півдні вона поступовим переходом з'єднується з поверхнею схилів Зовнішньої передгірської гряди. Південна частина рівнини зазнала більш значних підняттяв, що визначило більш інтенсивне горизонтальне і вертикальне розчленування рельєфу. Для нього характерна горбистість з м'якими обрисами завдяки розвитку пролювіально-делювіальних шлейфів як у центральних частинах водорозділів, так і на схилах. У деяких місцях, де процеси площинного змиву були особливо сильними, суглинні породи опинилися повністю розмитими, тому на поверхні виступають згладжені брили корінних вапнякових порід. Однак вони не порушують загального зазначеного вище характеру в будові рельєфу південної частини району, що виділяється в окремий підрайон -

передгірську піднесену похилу аккумулятивну рівнину з широким розвитком пролювіальних-делювіальних шлейфів і ерозійних форм [2].

На північ рівнина швидко знижується і стає більш пологою.

Південно-східна частина району, що примикає до схилів Зовнішньої передгірної гряди, в четвертинний час була залучена в зону підняття, що поширилися з області Гірського Криму. Це зумовило піднесеність південно-східної частини району.

Ліва притока Мокрого Індолу – Су-Індол (Індол) – бере свій початок на північному схилі Головної гряди на висоті 750 м з джерел, які виходять вздовж русла, біля гори Караколь. Довжина річки – 27 км, площа водозбору – 121 км<sup>2</sup>. Долина річки V-подібна, нижче – трапецієвидна. Приймаючі води з ближніх балок та струмків, Су-Індол стає більш багатководним, долина його розширюється. Перед Тополівкою річка тече в міжгрядовому пониженні між горами Головної та Внутрішньої гряд. Основні притоки Індолу – Орталанка і Куртінська – впадають в нього з правого берега. Лівобережні притоки Сазіх-Дере і Баймурза починаються на Північно-західних схилах гори Кокташ.

Район Присивашся являє собою рівнину. Початок формування сучасного рельєфу пов'язане з регресією моря в кінці пліоцену і встановленням континентального режиму. Переважання в четвертинний час опускань над підняттями, які взагалі характерні для розвитку розташованих тут структур (Сивашської і Індольської западин), зумовило розвиток значної потужності четвертинних континентальних відкладень.

В геоморфологічному відношенні Присивашська рівнина являє собою низинну пліоценову морську терасу, межа якої проходить по лінії Роздільне-Джанкой-Нижньогірське-Радянське-Кіровське. Поверхня її порушується неглибоко врізаними широкими річковими долинами і балками, що мають пологі схили, які поступово зливаються зі схилами водорозділів. Горизонтальне розчленування незначне.

Платформна структура степової області рівнинного Криму відрізняється складною будовою та історією тектонічного розвитку, що



відбилося в його рельєфі. Прогинання і опадонакопичення було властиво північним рівнинам, а підняття і розмив - Гірському Криму. У тектонічному відношенні півострів неоднорідний і розташовується в межах двох геобластей - Кримського складчастого підняття і платформної області рівнинного Криму (рис.1.2). За геологічною будовою басейн річки Салгир розташований на осадових породах крейдових і юрських відкладень, які представлені аргілітами і глинами з прошарками пісковиків, вапняків та конгломератів [2].

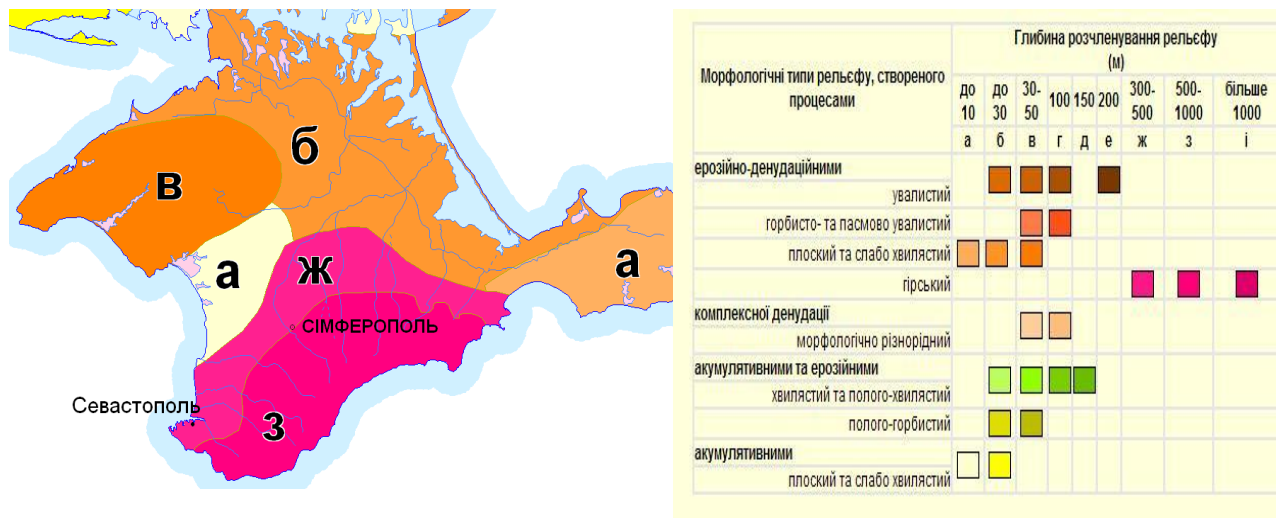
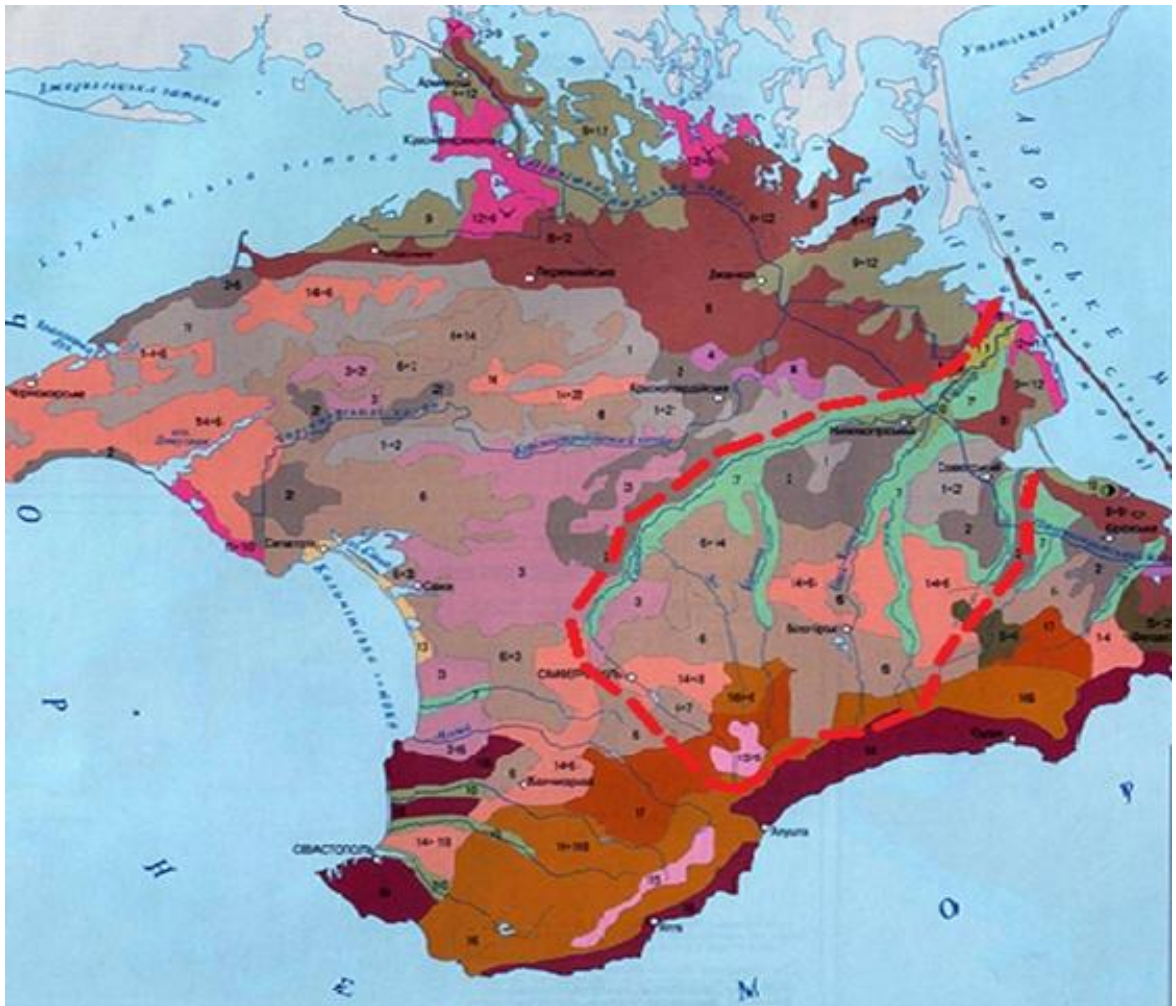


Рисунок 1.2 – Геоморфологічне районування території Криму [1]

## 1.2 Ґрунти і рослинність

Різноманітність природно-історичних умов формування Кримського півострова призвело до утворення ґрунтового покриву, різного за своїм розвитком, хімічним складом і водно-хімічними властивостями [2].

Ґрунтовий покрив в басейні річки Салгир та її притоків неоднорідний. В основному представлений чорноземами південними, луговими, темно-каштановими, гірськими, дерново-карбонатними ґрунтами і солонців (рис. 1.3).



### Умовні позначення:

	1	Чорноземи південні слабогумусовані		12	Лучні та чорноземно-лучні ґрунти
	2	Чорноземи південні міцелярно-карбонатні та міцелярно-висококарбонатні		11	Лучні та чорноземно-лучні солонцюваті ґрунти
	3	Чорноземи південні середньо- та важкоглинисті (на червоно-бурих глинах)		10	Солонці
	4	Чорноземи південні залишково-солонцюваті		9	Піщані примітивні ґрунти
	5	Чорноземи злітні солонцюваті на важких глинах		8	Дернові карбонатні ґрунти
	6	Чорноземи залишково-карбонатні		7	Горно-лучні чорноземновидні та гірські лучно-степові ґрунти
	7	Лучно-чорноземні ґрунти		13	Бурі гірсько-лісові ґрунти
	8	Темно-каштанові ґрунти, у тому числі солонцюваті		14	Буроземи гірські остепнені
	9	Лучно-каштанові солонцюваті ґрунти		15	Коричневі гірські щебеневі ґрунти

Рисунок 1.3 – Ґрунтовий покрив Кримського півострова [1]

Рослинний покрив Кримського півострову відрізняється великою різноманітністю. Тут спостерігаються найрізноманітніші типи рослинності, від пустельних солянкових співтовариств засолених низовин Присивашся і ковилово-типчачових степів Керченського півострова до дубових, букових і хвойних лісів, що формуються в гірських поясах. Платоподібна вершина головної гряди Кримських гір зайнята своєрідними густотравними луковими степами або луками (рис. 1.4)

На більшій частині території рослинність дуже сильно піддавалася впливу людини. Майже вся степова (рівнинна) зона і значна частина передгір'їв в даний час вже розорані. Під впливом дуже сильного, непомірного випасу йде деградація травостою в бік зростання ролі злаків і бобових, замість яких збільшується питома вага різних бур'янистих і рослин, непридатних до вживання. Ущільнення ґрунту при сильному, непомірному випасі веде до його висушування, в результаті чого на випасних ділянках починають з'являтися деякі рослини пустельного типу. Під впливом інтенсивного випасу руйнується поверхневий, дерновий горизонт, який скріплює ґрунт і оберігає її від розмиву. Таким чином, збиті випасом ділянки рослинності стають більш схильними до ерозії.

Існує наступна класифікація зональності рослинності Криму [2]:

#### Рівнинний Крим:

##### I. Степова зона

- 1) Підзона пустельних степів;
- 2) Підзона типових степів;

#### Гірський Крим:

##### Північний макросхил гір

##### II. Лісостеповий (передгірний) пояс

- 1) підпояс лугово-степовий (з фрагментами шибляка);
- 2) підпояс лісостеповий (ліси шиблякового типу);

##### III. Пояс дубових лісів

- 1) підпояс пухнастого дуба;

2) підпояс скельного дуба;

IV. Пояс букових та грабових лісів

Південний схил Головного пасма

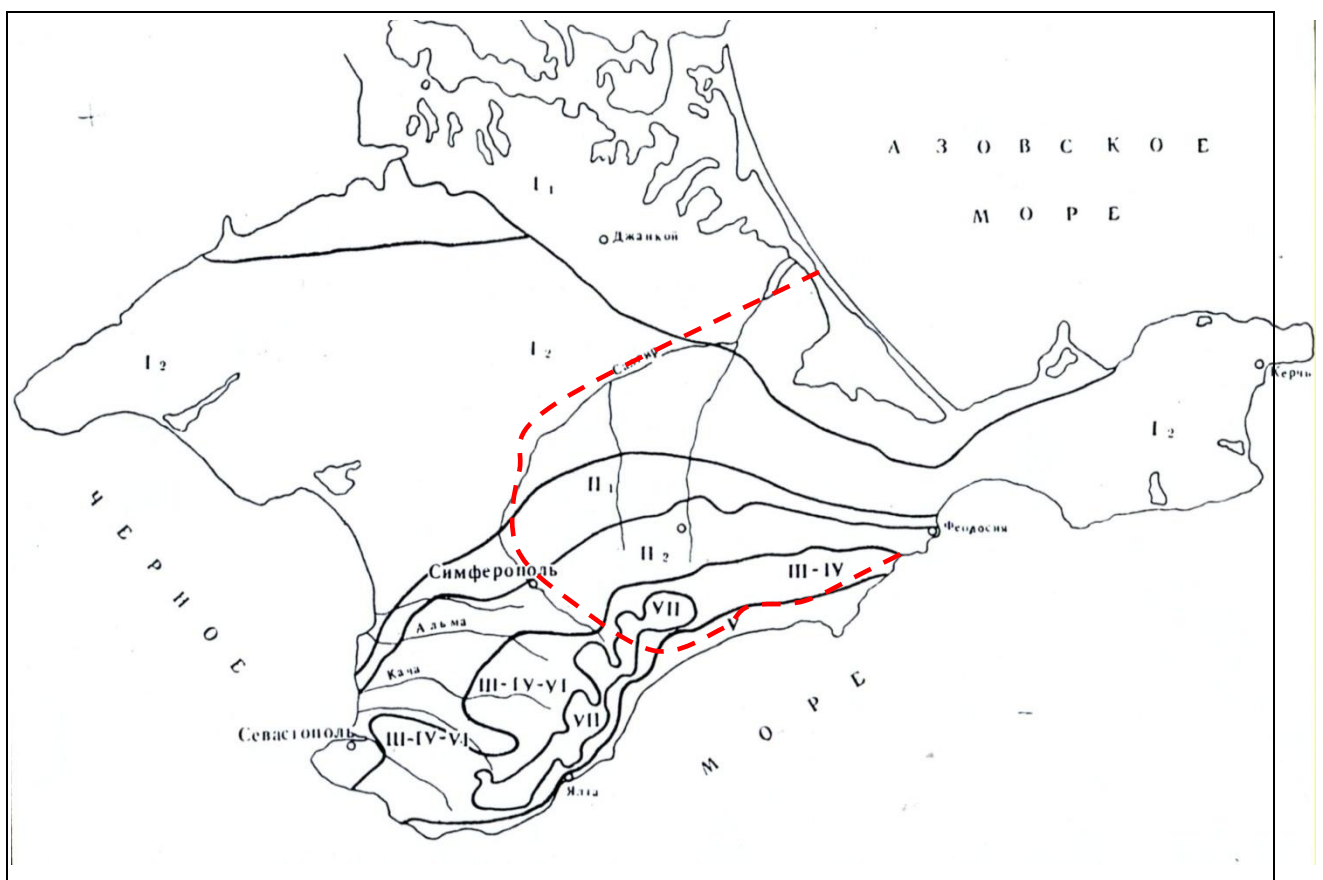
V. Шибляковий (приморський) пояс

VI. Пояс хвойних лісів

1) підпояс Кримської сосни;

2) підпояс звичайної сосни і бука;

VII. Пояс лугових степів рослинності яйл.



Умовні позначення:

I – степова (рівнинна) зона; I<sub>1</sub> – підзона пустинних степів; I<sub>2</sub> – підзона типових степів; II – лісостеповий підгірний пояс; II<sub>1</sub> – підпояс лугово-степовий; II<sub>2</sub> – підпояс лісостеповий; III, IV, VI – лісові пояси (III – дубових лісів, IV – букових та грабових лісів, VI – хвойних лісів); V – шибляковий

Рисунок 1.4 – Рослинна пояси́сть Кримського півострова [2]

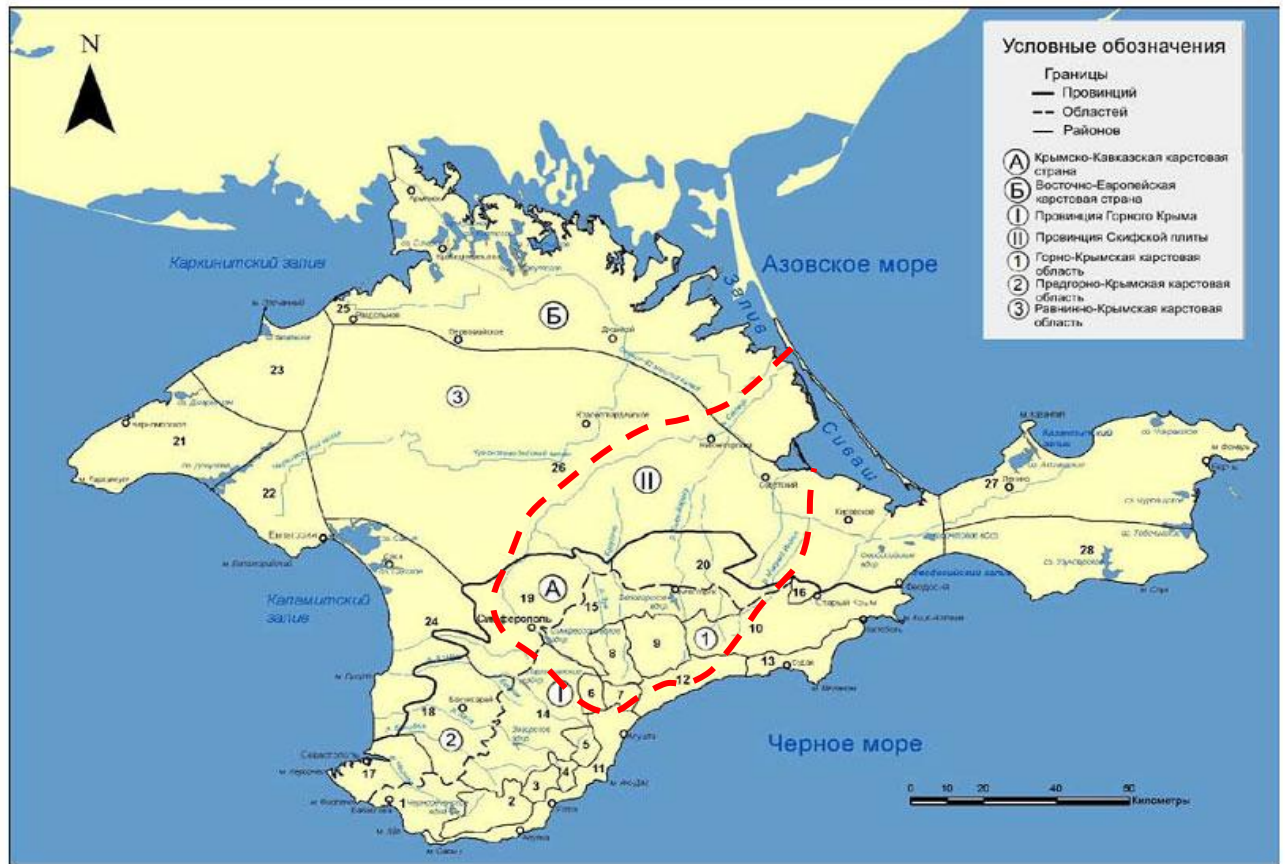
### 1.3 Карст

Однією з важливих особливостей підстилаючої поверхні досліджуваної території являється карст. Вплив карсту на максимальний стік досить суперечливий. З одного боку, поглинання закарстованими гірськими масивами талих і дощових вод сприяє зниженню максимального стоку, з іншого боку, у верхів'ях річок, що беруть початок з потужних карстових джерел, спостерігається різке карстове скидання, в результаті чого максимальний стік підвищується. По характеру впливу на стік річок виділяють область живлення та область розгрузки карсту. При наявності карстованих порід межі поверхневих та підземних водозборів можуть не співпадати. В результаті цього опади, які випадають на одному поверхневому водозборі, можуть виявитися в вигляді ґрунтових вод на іншому.

В зв'язку з особливостями геологічної будови Кримського півострова, історією розвитку столових масивів, хімічним складом порід, а також характером кліматичних умов та ґрунтово-рослинним покривом на яйлинських плато спостерігається цілий комплекс форм поверхневого та підземного карсту [3]. Поряд з найдрібнішими карстовими формами у вигляді невеликих борозен, западин, отворів, розвинених на вапняках, в Кримських горах часто зустрічаються каррові поля, різні за формою і величиною воронки, глибокі колодязі, тріщини і величезні печери з натічними формами.

Плато Чатирдаг являє собою яскравий приклад території, на якій процеси карстування домінують над іншими сучасними процесами. Його поверхня являє собою низку вирів і пологих увалів. В цілому середня частина плато дронує всю поверхню масиву через систему понорів і колодязів, що з'єднують поверхню і підземні порожнини. Всю систему можна представити як великий вир з областю збору приблизно 40 км<sup>2</sup>. На території басейну

Салгиру знаходиться також відоме плато Демерджи та найдовша карстова порожнина Криму Червона печера [4].



Умовні позначення:

*A. Кримсько-Кавказька карстова країна.*

I. Провінція Гірського Криму.

1. Гірничо-Кримська карстова область, карстові райони: 1. Байдарська-Балаклавський; 2. Айк-Петринський; 3. Ялтинський; 4. Нікітський-Гурзуфський; 5. Бабуганський; 6. Чатирдагський; 7. Демерджинський; 8. Долгоруковський; 9. Карабійський; 10. Східно-Кримський; 11. Західно-Південнобережний; 12. Східно-Південнобережний; 13. Судакський; 14. Качинський-Курцовське; 15. Салгирско-Індолський; 16. Агармишський.

2. Передгірно-Кримська карстова область, карстові райони: 17. Севастопольський; 18. Бахчисарайський; 19. Сімферопольський; 20. Білогірський.

*B. Східно-Європейська карстова країна.*

II. Провінція Скіфської плити.

3. Рівнинно-Кримська карстова область, карстові райони: 21. Західно-Тарханкутський; 22. Східно-Тарханкутський; 23. Північно-Тарханкутський; 24. Альмінський; 25. Присивашський; 26. Центрально-Кримський; 27. Північно-Керченський; 28. Південно-Керченський.

Рисунок 1.5 - Схема районування карсту Кримського півострова [4]

На рисунку 1.5 представлена схема районування карсту Кримського півострова. Відповідно до карти, басейн Салгиру, його притоків та басейну Су-Індолу входять до Кримсько-Кавказької карстової (провінція Гірського Криму) та Східно-Європейської карстової (провінція Скіфської плити) країн.

#### 1.4 Клімат

Одним з основних чинників формування стоку річок північно-східного схилу Кримських гір є клімат. Особливості клімату Криму визначаються найголовнішими факторами кліматотворення: радіаційним режимом, своєрідністю циркуляції атмосфери, впливом Чорного моря і характером рельєфу. Кримський півострів розташований у зоні недостатнього зволоження, на крайньому півдні помірного кліматичного поясу, що межує з субтропічним. Незважаючи на відносно малі розміри півострова, кліматичні умови в межах його окремих частин мають значні відмінності [2]. Враховуючи той факт, що р.Салгир перетинає практично весь півострів по діагоналі, його басейн розташований практично у всіх кліматичних зонах, виключаючи субсередземноморський. Клімат північної рівнинної частини помірно континентальний з короткою малосніжною зимою і помірно посушливим літом.

За характером температурного режиму в Криму чітко виділяються три окремих райони:

- степова частина з континентальним кліматом;
- Чорноморське узбережжя;
- гірський район з вертикальною зональністю клімату.

Відповідно, досліджувана територія розташована в першому та третьому районах. У горах зниження температури, виражене в градусах на кожні 100 м висоти, становить: у січні 0,65, у квітні 0,57, в липні 0,72, в

жовтні 0,55 і за рік 0,62. У Степовому Криму позитивні температури в січні спостерігаються в 39% всіх років. Середня температура найхолоднішого місяця (січня) змінюється

від  $-0,1$  до  $-2,9^{\circ}\text{C}$ , а самого теплого (липня) – від  $+22,1$  до  $+23,8^{\circ}\text{C}$  [1].

*Атмосферні опади* відрізняються великою мінливістю в просторі і в часі. Річна сума опадів коливається в залежності від частини басейну в межах від менше 400 мм (район Присивашшя) до 800 мм (гірська частина басейну Салгир) (рис.1.6); 80–85% річної суми опадів у Криму випадає у вигляді дощу.

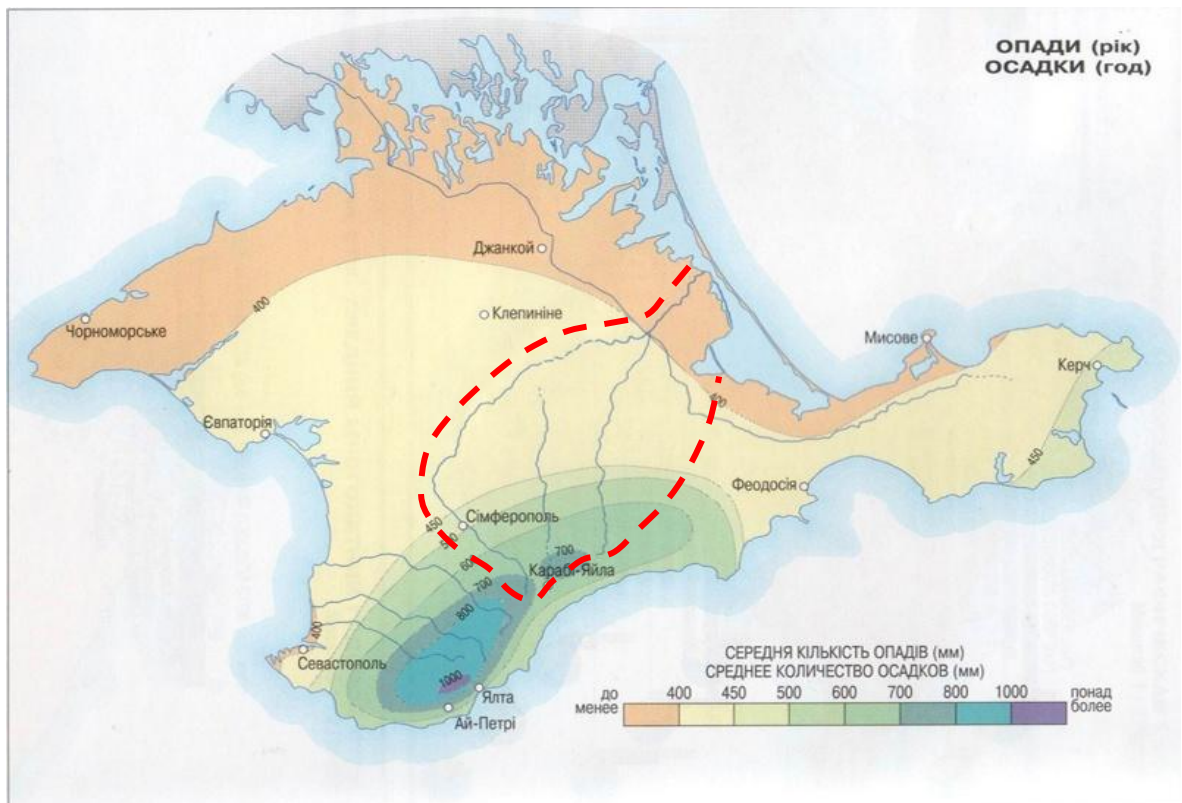


Рисунок 1.6 - Карта середньої кількості опадів Кримського півострова [1]

*Сніговий покрив* у Криму буває щороку, але відрізняється крайньою нестійкістю, за винятком гірських районів. Для зими характерні чергування відлиг з морозними періодами. Найбільшої висоти сніговий покрив Головної гряди досягає в лютому (40-130 см). Внутрішня гряда покривається снігом



лише на 30%. На Зовнішній гряді снігу випадає стільки ж, як і на рівнинній частині півострова. У степовій частині стійкий сніговий покрив буває дуже рідко (1 раз на 5-7 років) [5].

### 1.5 Гідрологічна вивченість та особливості водного режиму стоку річок східної частини північного схилу Кримських гір

Водний режим району обумовлений його географічним положенням і фізико-географічними процесами, що відбуваються в ньому. На водний режим в першу чергу впливає наявність тріщинуватих вапняків, що регулюють поверхневий і підземний стік. Крім того, однією з особливостей річок Криму є різка деформація їх русел. Також природний режим більшості річок спотворюється регулюючим впливом штучних водойм, а також забором води на зрошення. У зв'язку з цим відзначаються відмінності у водному режимі для різних водотоків і навіть по довжині однієї і тієї ж річки. Особливістю річок Криму є те, що, маючи рясне живлення у верхів'ях, втрачають свою водність по мірі просування до гирла, у зв'язку з чим порушується основна закономірність при ув'язці стоку по довжині річки.

Річки Криму відносяться до гірських потоків, що мають змішане живлення. Водний режим річок гірського Криму у зв'язку з його порівняно невеликою висотою характеризується в цілому досить одноманітними гідрологічними умовами. Відповідно до класифікації П.С.Кузіна [6], на розглянутій території виділяються річки двох основних гідрологічних зон:

- 1) гірсько-лісової зони помірного клімату;
- 2) гірсько-лісової зони теплого клімату.

У даній роботі розглядаються річки першої зони. До найбільш великих річок цього району належать: Салгир, Біюк-Карасу, Кучук-Карасу, Су-Індол та ін.

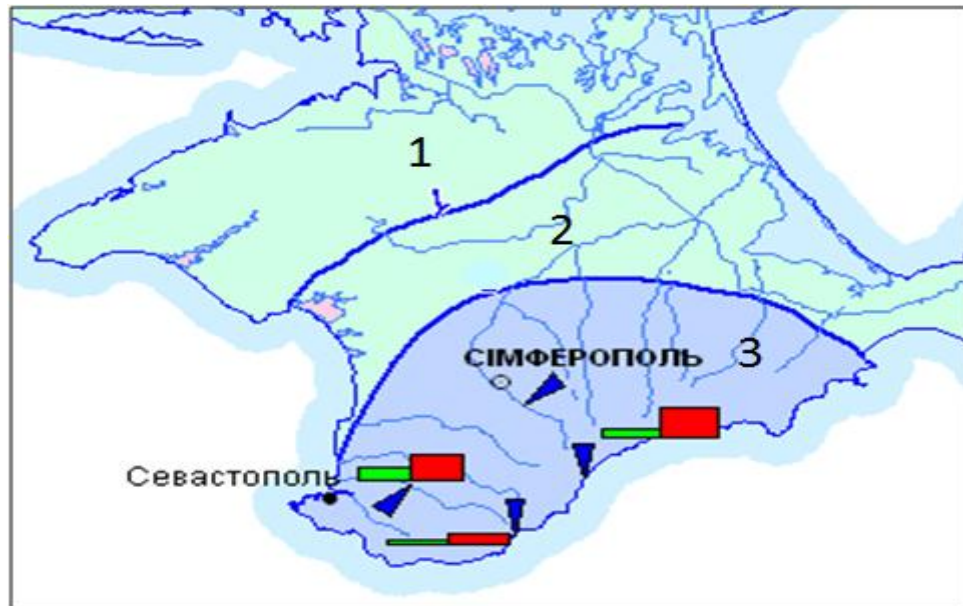
Кримські річки не схожі на річки інших областей України. Їх довжини, площі водозбірних басейнів, а також об'єми стоку невеликі. Довжини практично всіх річок Криму (92,1%) мають довжину менше 10 км. Влітку кримські річки часто пересихають, зате при випаданні рясних опадів перетворюються на бурхливі потоки. Середній коефіцієнт густоти річкової мережі водозбору Салгира  $0,22 \text{ км/км}^2$ .

За водним режимом, згідно з класифікацією Б.Д. Зайкова [2], річки Криму відносяться до річок з паводковим режимом кримського підтипу: паводки спостерігаються переважно в зимово-весняний період. Таким чином, в рівнях річок виділяється два періоди: паводковий зимово-весняний або холодний (високі рівні води) і меженний літньо-осінній або теплий (низькі рівні води). У паводковий період проходить 80–95% всього річного стоку. Найбільш багатководний місяць – найчастіше березень, а маловодний – вересень. Паводки на кримських ріках можуть бути як у зимово-весняний, так і в літньо-осінній період. Узимку паводки проходять у результаті сніготанення, що супроводжується, як правило, випаданням дощів, а влітку – в результаті проходження інтенсивних злив. Витрати води на Кримських річках під час паводків різко зростають. Абсолютні максимуми формуються в теплий період року при випаданні рясних дощів і можуть в 200 – 400 разів перевищувати середньорічні витрати води (рис.1.7). В нижніх течіях Салгира і Біюк-Карасу амплітуди коливань рівнів води досягає 3,4 - 3,9 м.

Мінімальні рівні зазвичай приурочені до середини - кінця літа (липень-вересень), коли багато річки частково або повністю пересихають на 2-3 місяці, а в окремі роки до 6 і навіть 12 місяців. Зазвичай на річках Степового Криму стік буває епізодично. Розподіл стоку по території Криму підпорядковане вертикальній і географічній зональності.

В грудні 1933 року на р. Салгир була зафіксована найбільша витрата води –  $118 \text{ м}^3/\text{с}$  (при середньобагаторічній витраті  $1,29 \text{ м}^3/\text{с}$  біля с.Піонерське). Останній катастрофічний паводок в Криму стався с червні 1987р., тоді через випадіння великої кількості опадів вийшла з берегів

р.Салгир, змивши на своєму шляху домівки, городи, госпспоруди деяких сіл Сімферопольського району.



Умовні позначення:

1 – від 1 до 4; 2 – від 4 до 6; 3 – від 6 до 10

Рисунок - 1.7 Підйоми рівнів води під час паводків (м) [1]

Вивченість річок Криму є недостатньою, що пов'язано з нерівномірним розміщенням гідрологічної мережі (рис.1.8, табл.1.1).

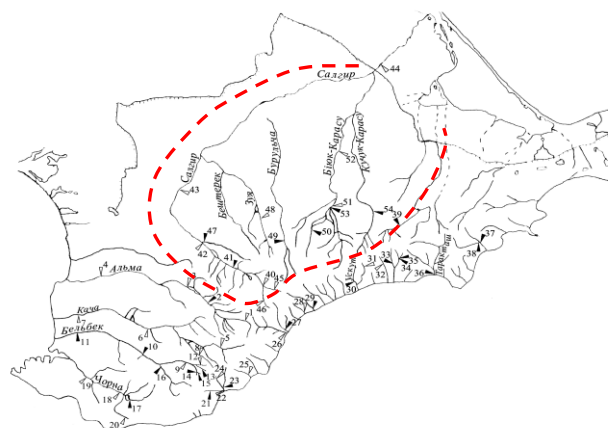


Рисунок 1.8 – Карта-схема розміщення гідрологічних постів, дані по яким були використані в роботі [7]

В даний час на Салгирі та його притоках діє 10 гідропостів. У різний час було відкрито і закрито ще 9 гідропостів (р.Салгир - с.Сорокіно, р.Салгир – с.Гвардійське, Ангара – с.Краснопещерне, р.Зуя - с.Баланово). Період спостережень на гідропостах становить від 8 до 56 років. На р. Су-Індол діє пост в с. Тополівка з 1926 р.

Таблиця 1.1 – Основні гідрографічні характеристики річок східної частини північного схилу Кримських гір [2]

№	Річка-пост	$L, км$	$F, км^2$	$H_{сер}, м$	$I, ‰$	$f_l, ‰$
1	Су-Індол - Тополівка	16	71	820	16,3	85
2	Салгир - Сорокіно	16	90	770	90	56
3	Салгир - Піонерське	24	261	750	11,1	45
4	Салгир - Сімферополь	36	321	630	32	38
5	Салгир - Роздільне (Гвардійське)	63	564	610	4,2	24
6	Салгир – Двуріччя (Листвяне)	183	3540	490	1,57	14
7	Малий Салгир - Сімферополь	23	96	410	19,9	7,3
8	Ангара - Перевальне	8,8	38,3	880	24,1	58
9	Зуя - Баланово	15	48	590	32,3	47
10	Бурульча - Міжгір'я	21	85	800	33,8	79
11	Біюк-Карасу - Білогірськ	27	275	580	9,46	31
12	Біюк-Карасу - Зибіно	57	601	410	3,88	20
13	Кучук-Карасу - Багате	18	89	520	17,7	60

## 2 ОЦІНКА ОДНОРІДНОСТІ В РЯДАХ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ПАВОДКІВ ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ РІЧОК СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПІВНІЧНОГО СХИЛУ КРИМСЬКИХ ГІР

### 2.1 Критерії однорідності часових рядів

У випадках, коли у розпорядженні дослідника є порівняно короткі ряди спостережень, найчастіше використовується критерій Стюдента. Але за його допомогою оцінюється однорідність рядів, котрі характеризуються досить близькими значеннями дисперсій. Сам же критерій записується вигляді [8,9]

$$t = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (2.1)$$

де  $\bar{y}$  і  $\bar{x}$  – середні значення двох рядів, що аналізуються на однорідність;  $\sigma_x^2$ ;  $\sigma_y^2$  – дисперсії вихідних рядів;  $n_x$ ;  $n_y$  – тривалість порівнюваних рядів.

Критерій  $t$  підкоряється розподілу Стюдента з числом степенів вільності  $k = n_x + n_y - 2$ . За нульову гіпотезу приймається умова, що  $\bar{y} = \bar{x}$ . Критична область статистики Стюдента при  $q\%$  є рівні значущості з областю великих абсолютних значень, тобто  $|t| > t_{q, k}$ .

Для перевірки гіпотези однорідності дисперсій частіше за все використовується критерій Фішера  $F$  [9]

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (2.2)$$

де  $\sigma_x^2$  і  $\sigma_y^2$  – дисперсії досліджуваних рядів.

У чисельнику використовується більше значення дисперсії з двох досліджуваних рядів. Функція Фішера залежить від числа ступенів вільності  $k_1 = n_x - 1$  і  $k_2 = n_y - 1$ , де  $n_x$  і  $n_y$  – тривалість досліджуваних рядів.

Використання критеріїв однорідності у гідрологічних розрахунках зазвичай стосується різних частин одного і того ж ряду. Перевірці у такий спосіб повинні підлягати доволі тривалі ряди (бажано не менше 40 членів).

Уїлкоксон [8] запропонував непараметричний метод перевірки гіпотез однорідності, що дозволяє здійснювати перевірку залежних вибірок у тих випадках, коли дані вимірювань попарно взаємопов'язані. Надалі цей критерій був удосконалений Манном й Уїтні і є одним із рекомендованих у нормативних документах для оцінки однорідності стокових рядів.

Оскільки критерій Уїлкоксона зі статистикою Манна-Уїтні є слабо чутливим до розбіжності вибірок за характеристиками розсіяння Зігель і Тьюкі запропонували інший ранговий критерій. Критерій Зігеля-Тьюка відноситься до категорії непараметричних критеріїв, так як розподіл його тестової статистики не залежить від типу розподілу вихідних вибірок [10].

Для оцінки статистичної однорідності в СП 33-101-2003 застосовуються критерії Смірнова-Грабса і Діксона [11]. Особливість цих критеріїв полягає в тому, що вони розроблені для умов нормального розподілу генеральної сукупності та відсутності автокореляції.

## 2.2 Аналіз однорідності для річок східної частини північного схилу Кримських гір

Для аналізу були використані дані постів з періодом спостережень більше 40 років, а результати наведені в таблицях 2.1, 2.2. Аналізуючи отримані результати по оцінці однорідності, слід відмітити, що

характеристики максимального стоку дощових паводків для річок східного схилу Кримських гір можна вважати однорідною.

Але є і винятки по окремим гідрологічним постам, що стосується максимальних витрат води, то тут неоднорідними виявились р.Су-Індол-с.Тополівка та р.Кучук-Карасу-с.Богате на рівні значущості 5%. Для шарів паводочного стоку на рівні значущості 5% ряд є неоднорідним по р.Салгир-с.Піонерське.

Таким чином, враховуючи оцінку однорідності вихідних рядів по максимального стоку паводків теплого періоду на річках досліджуваної території, можна зробити висновок, що можливе використання статистичних методів з метою отримання розрахункових характеристик.

Таблиця 2.1 – Оцінка однорідності максимальних витрат води для річок північно-східного схилу Кримських Гір

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уілкоксона	Висновок
			$F$	$F_{кр}$		$t$	$t_{кр}$			
р.Су-Індол- с.Тополівка	80	1%	10,19	2,41	ні	2,1	2,65	так	так	так
		5%		1,94	ні		1,99	ні	так	ні
р.Салгир- с.Піонерське	56	1%	1,48	2,87	так	0,54	2,68	так	так	так
		5%		2,21	так		2,01	так	так	так
р.Ангара- с.Перевальне	58	1%	2,61	2,81	так	0,8	2,67	так	так	так
		5%		2,17	ні		2,01	так	так	так
р.Бурульча- с.Межигір'я	65	1%	1,95	2,71	так	1,18	2,66	так	так	так
		5%		2,12	так		2,00	так	так	так
р.Бюок-Карасу- м.Білогірськ	44	1%	2,47	3,68	так	0,61	2,72	так	так	так
		5%		2,62	так		2,03	так	так	так
р.Кучук- Карасу-с.Богате	59	1%	18,00	2,81	ні	2,04	2,67	так	так	так
		5%		2,17	ні		2,00	ні	так	ні



Таблиця 2.2 – Оцінка однорідності шарів паводочного стоку для річок північно-східного схилу Кримських Гір

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Висновок
			F	F <sub>кр</sub>		t	t <sub>кр</sub>			
р.Су-Індол- с.Тополівка	82	1%	2,72	2,45	ні	0,35	2,65	так	так	так
		5%		1,96	ні		1,995	так	так	так
р.Салгир- с.Піонерське	56	1%	2,65	2,81	так	2,65	2,67	так	так	так
		5%		2,17	ні		2,007	ні	ні	ні
р.Ангара- с.Перевальне	59	1%	1,61	2,81	так	0,16	2,67	так	так	так
		5%		2,17	так		2,01	так	так	так
р.Бурульча- с.Межигір'я	65	1%	1,057	2,71	так	0,49	2,67	так	так	так
		5%		2,12	так		2,003	так	так	так
р.Біюк-Карасу- м.Білогірськ	43	1%	1,69	3,68	так	0,54	2,72	так	так	так
		5%		2,62	так		2,03	так	так	так
р.Кучук-Карасу- с.Богате	60	1%	1,92	2,81	так	0,8	2,67	так	так	так
		5%		2,17	так		2,01	так	так	так

### 3 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО МАКСИМАЛЬНОМУ СТОКУ ПАВОДКІВ ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ РІЧОК СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПІВНІЧНОГО СХИЛУ КРИМСЬКИХ ГІР

#### 3.1 Методи визначення статистичних параметрів

Статистичні методи займають важливе місце при вирішенні багатьох задач і в першу чергу в галузі розрахунку характеристик максимального стоку [12].

##### 3.1.1 Метод моментів

В основі цього методу лежить визначення параметрів кривих розподілу з використанням статистичних моментів. Поняття моментів прийшло в статистику з механіки, де воно використовується для опису розподілу мас. У статистиці значення дискретної випадкової величини представляється у вигляді матеріальної точки з масою пропорційною ймовірності з'явлення цієї випадкової величини [12].

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

$$m_x = \sum_{i=1}^n p_i x_i \quad (3.1)$$

або середньозважене із значень  $x$ , причому кожне із значень під час осереднення враховується з вагою, пропорційною ймовірності появи цього значення:

$$m_x = \frac{x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i p_i}{\sum_{i=1}^N p_i}, \quad (3.2)$$

де  $\sum_{i=1}^N p_i = 1$ .

У гідрологічній практиці використовуються моменти трьох видів: початкові  $\alpha$ , центральні  $\mu$  та абсолютні  $\gamma$ , причому

$$\alpha_s = \sum_{i=1}^N x_i^s p_i; \quad (3.3)$$

$$\mu_s = \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^s p_i; \quad (3.4)$$

$$\gamma_s = \sum_{i=1}^N |(x_i - m_x)|^s p_i, \quad (3.5)$$

де  $S$  – порядок моменту.

Перший початковий момент  $\alpha_1$  дорівнює математичному сподіванню  $m_x$ . Серед центральних найбільше застосування у статистиці знайшли моменти  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ ,  $\mu_4$  та їх безрозмірні характеристики. Вони мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

$$C_v = \frac{\sqrt{\mu_2}}{m_x} \text{ або } C_v = \frac{\sigma_x}{m_x}; = \quad (3.6)$$

- коефіцієнт асиметрії

$$C_s = \frac{\mu_3}{\sigma_x^3}; \quad (3.7)$$

- ексцес

$$E = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4}. \quad (3.8)$$

Перший абсолютний момент  $\gamma_1$  визначає середнє арифметичне відхилення

$$\gamma_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |(x_i - m_x)|. \quad (3.9)$$

Кожен із цих моментів містить у собі певну інформацію про характер розподілу випадкової величини. Перший початковий момент  $\alpha_i$  або математичне сподівання  $m_x$  є центром розподілу випадкових величин.

Другий центральний момент  $\mu_2$  або дисперсія  $\sigma_x^2$  характеризує розсіювання значень випадкової величини відносно математичного сподівання. Для більш наочної характеристики розсіювання зручно користуватися величиною, розмірність якої збігається з розмірністю випадкової величини. Отримана величина називається середнім квадратичним відхиленням (стандартом) випадкової величини і позначається

символом  $\sigma_x$ . Стандарт, представлений у безрозмірному вигляді (3.8), називається коефіцієнтом варіації.

Третій центральний момент  $\mu_3$  характеризує ступінь асиметрії розподілу випадкових величин відносно математичного сподівання. Якщо розподіл випадкової величини симетричний відносно  $m_x$ , то  $\mu_3$  дорівнює нулю. Безрозмірна характеристика асиметрії (3.9) називається коефіцієнтом асиметрії.

Четвертий центральний момент  $\mu_4$  використовується для характеристики так званої «крутості», тобто гостровершинності кривих розподілу. Ця властивість розподілу описується за допомогою так званого ексцесу (3.9) [12].

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

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n}} \quad (3.10)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{nC_v^3}, \quad (3.11)$$

де  $k_i = \frac{x_i}{\bar{x}}$ .

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього та більш вищих порядків не відповідають вимогам незміщеності [12]. Для уникнення цього у формули вводяться поправочні коефіцієнти:

- для другого центрального моменту

$$\delta = \frac{n}{n-1}; \quad (3.12)$$

- для третього

$$\delta = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)}. \quad (3.13)$$

В результаті розрахунків формули мають такий вигляд:

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3.14)$$

або

$$C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^2}{n-1}}; \quad (3.15)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma_x^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)} \quad (3.16)$$

або

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^3}{C_v^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)}. \quad (3.17)$$

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

Слід відзначити, що введення поправочних множників допомагає усунути зміщеність параметрів стокових рядів лише при  $C_v < 0.5$ .

При  $C_v > 0.5$  застосування методу моментів у гідрологічних розрахунках не рекомендується [13].

### 3.1.2 Метод найбільшої правдоподібності

Походження назви цього методу пов'язане з застосуванням функції правдоподібності до визначення статистичних параметрів трьох-параметричного гама-розподілу С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля [14].

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

Метод найбільшої правдоподібності – метод математичної статистики, у якому за оцінку невідомого значення параметру щільності ймовірності береться те його значення, при якому функція правдоподібності досягає свого максимуму для даної вибірки випадкової величини, звідки і пішла назва — метод найбільшої правдоподібності. Математичний вираз для функції правдоподібності з невідомим параметром  $\theta$  має такий вигляд:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = f(x_1, \theta) \cdot f(x_2, \theta) \cdot \dots \cdot f(x_n, \theta). \quad (3.18)$$

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

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = 0. \quad (3.19)$$

З ціллю спрощення розрахунків функцій правдоподібності її логарифмують і розглядають рівняння

$$\frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{\partial \ln L}{\partial \theta}. \quad (3.20)$$

Таким чином, якщо для деякого параметра  $\theta$  існує його ефективна оцінка, то вона є єдиним в цьому випадку рішенням рівняння. Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним зміщенням. Але вигляд розрахункових формул статистичних параметрів залежать від обраного закону розподілу випадкової величини. Є.Г.Блохінов [15] застосував метод найбільшої правдоподібності до три-параметричного гама-розподілу С.М.Крицького та М.Ф.Менкеля [14]. Строге рішення приводить до складних трансцендентних рівнянь. У зв'язку з цим був запропонований спрощений прийом оцінки параметрів. У результаті отримані такі статистики:

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.21)$$

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} \quad (3.22)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\bar{x}} \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} \quad (3.23)$$



Перша із статистик  $\lambda$  дорівнює середньоарифметичному значенню випадкової величини  $X$ . Дві інші ( $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ) функціонально зв'язані з коефіцієнтом варіації  $C_v$  та коефіцієнтом асиметрії  $C_s$ . Для переходу від  $\lambda_2$  та  $\lambda_3$  до  $C_v$  та  $C_s/C_v$  побудовані спеціальні номограми.

Деяка зміщеність параметрів  $\lambda_2$  та  $\lambda_3$  може бути усунена за рахунок поправочного множника  $\frac{n}{n-1}$ , тоді:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1} \quad (3.24)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1}. \quad (3.25)$$

### 3.2 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води

Статистична обробка проводилась по 13 постах за розрахунковий взято період з початку спостережень за стоком на річках по 2010 рік, у зв'язку з відсутністю даних по 2015 рік.

Результати статистичної обробки максимальних витрат води наведені у таблиці 3.1. Значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,74 (р.Салгир-с.Роздільне, р.Салгир-с.Листвяне) до 1,81 (р.Кучук-Карасу-с.Богате), а коефіцієнти варіації, розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,75 (р.Салгир-с.Роздільне) до 1,91 (р.Кучук-Карасу-с.Богате). З метою порівняння цих величин побудовано графік (рис.3.1).

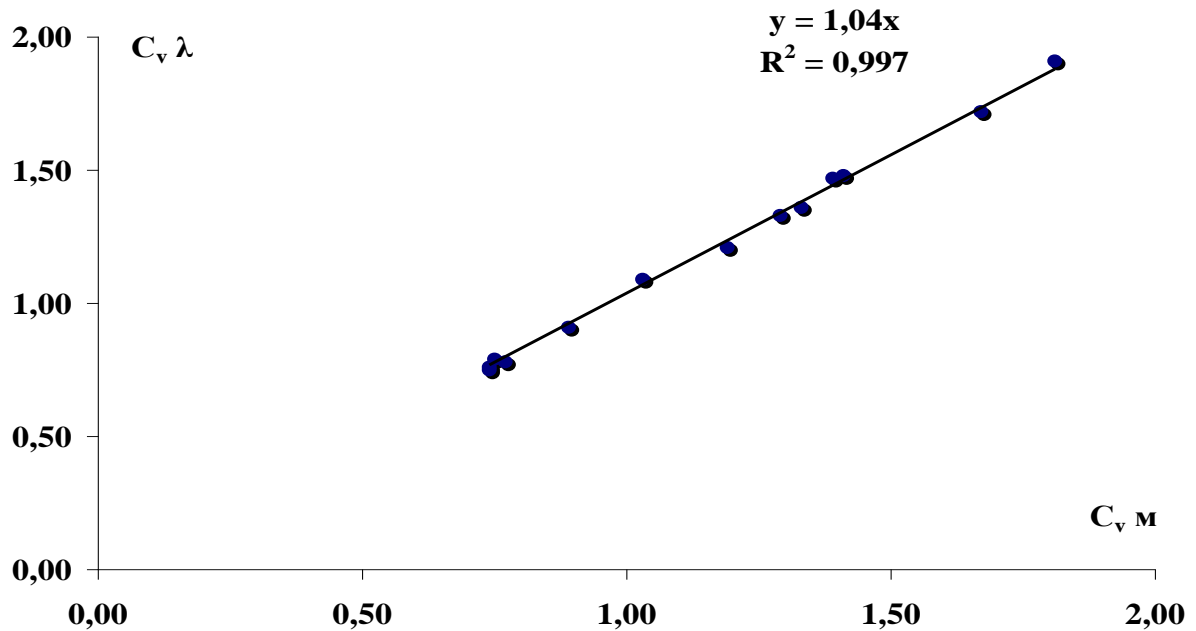


Рисунок 3.1 - Порівняння коефіцієнтів варіації розрахованих за методами моментів (вісь абсцис) і найбільшої правдоподібності (вісь ординат)

Отримане порівняння (рис.3.1) показує, що значення за методом найбільшої правдоподібності на 4% вище ніж значення за методом моментів. Але оскільки в нормативному документі [13] при значеннях  $C_v > 0,5$  рекомендовано використовувати метод найбільшої правдоподібності, то в подальших розрахунках йому також було віддано перевагу.

Значення коефіцієнтів асиметрії максимальних витрат води за методом найбільшої правдоподібності  $C_s$  змінюється від 1,30 (р.Салгир-с.Листвяне) до 5,0 (р.Кучук-Карасу-с.Богате), а співвідношення  $C_s/C_v$  можна осереднити і прийняти на рівні 3,0.

### 3.3 Статистична обробка рядів шарів паводочного стоку

Аналогічна статистична обробка проводилась і для шарів паводочного стоку по 13 постах (табл.3.2).

Таблиця 3.1 – Статистична обробка максимальних витрат води для річок північно-східного схилу Кримських Гір

№ з/п	Річка-Пост	$F, \text{км}^2$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	$r(I)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
1	р.Су-Індол-с.Тополівка	71	8,05	0,04	1,67	3,57	2,10	1,72	4,79	2,80
2	р.Салгир-с.Сорокине	90	9,01	0,28	0,89	1,61	1,80	0,91	2,30	2,50
3	р.Салгир-с.Піонерське	261	19,64	0,01	1,33	2,72	2,00	1,36	3,61	2,70
4	р.Салгир-г.Сімферополь	321	21,07	0,00	1,03	2,77	2,70	1,09	4,13	3,80
5	р.Салгир-с.Роздільне	564	8,67	0,22	0,74	1,59	2,10	0,75	2,05	2,70
6	р.Салгир-с.Листвяне	3540	8,48	0,37	0,74	1,09	1,50	0,76	1,30	1,70
7	р.Ангара-с.Перевальне	38,3	9,52	0,08	1,29	2,44	1,90	1,33	3,12	2,30
8	р.Зуя-с.Баланове	48	1,77	0,00	1,41	1,98	1,40	1,48	2,71	1,80
9	р.Бурульча-с.Межигір'я	85	8,48	0,07	1,19	2,88	2,40	1,21	3,78	3,10
10	р.Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	12,04	0,19	0,77	1,77	2,30	0,78	2,17	2,80
11	р.Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	10,40	0,36	0,75	1,33	1,80	0,79	1,84	2,30
12	р.Кучук-Карасу-с.Богате	89	10,72	0,08	1,81	3,43	1,90	1,91	5,00	2,60
13	р.Малий Салгир-г.Сімферополь	96	5,54	0,11	1,39	2,92	2,10	1,47	4,84	3,30

Таблиця 3.2 – Статистична обробка шарів паводочного стоку для річок північно-східного схилу Кримських Гір

№ з/п	Річка-Пост	F, км <sup>2</sup>	Y, мм	r(I)	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>
1	р.Су-Індол-с.Тополівка	71	9	0,18	1,29	2,56	2,30	1,32	3,79	2,90
2	р.Салгир-с.Сорокине	90	19	0,12	0,76	1,13	1,50	0,80	1,52	1,90
3	р.Салгир-с.Піонерське	261	12	0,07	1,15	2,24	2,00	1,17	2,87	2,40
4	р.Салгир-г.Сімферополь	321	13	0,14	0,87	2,17	2,50	0,89	3,06	3,40
5	р.Салгир-с.Роздільне	564	4	0,53	0,82	1,10	1,30	0,85	1,36	1,60
6	р.Салгир-с.Листвяне	3540	2	0,27	0,97	1,37	1,40	1,02	1,80	1,80
7	р.Ангара-с.Перевальне	38,3	26	0,03	1,08	1,84	1,70	1,11	2,22	2,00
8	р.Зуя-с.Баланове	48	13	0,01	1,32	2,71	2,00	1,39	4,37	3,10
9	р.Бурульча-с.Межигір'я	85	21	0,09	0,96	1,89	2,00	0,97	2,25	2,30
10	р.Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	20	0,12	1,06	2,77	2,60	1,20	4,08	3,40
11	р.Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	8	0,33	1,65	2,68	1,60	1,82	5,03	2,80
12	р.Кучук-Карасу-с.Богате	89	10	0,10	1,33	2,19	1,60	1,37	2,75	2,00
13	р.Малий Салгир-г.Сімферополь	96	4	0,18	1,13	2,50	2,20	1,18	3,86	3,30

Значення коефіцієнтів варіації для шарів паводочного стоку, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,76 (р.Салгир-с.Сорокине) до 1,65 (р.Біюк-Карасу-с. Зибіне), а коефіцієнти варіації, розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,80 (р.Салгир-с.Сорокине) до 1,82 (р.Біюк-Карасу-с. Зибіне).

Значення коефіцієнтів асиметрії за методом найбільшої правдоподібності  $C_s$  змінюється від 1,36 (р.Салгир-с.Роздільне) до 5,03 (р.Біюк-Карасу-с. Зибіне), а співвідношення  $C_s/C_v$  можна осереднити і прийняти на рівні 2,50.

#### 4 ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ПАВОДКІВ ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ ДЛЯ РІЧОК ПІВНІЧНО-СХІДНОГО СХИЛУ КРИМСЬКИХ ГІР

##### 4.1 Розрахунок максимальних витрат води заданої ймовірності перевищення

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

$$Q_p = Q_m [1 + C_v \Phi(P, C_v)] \quad (4.1)$$

Нормовані ординати розподілу Пірсона III типу  $\Phi = f(P, C_s) = (k_p - 1) / C_v$  приведені в таблиці [13]. Відповідно для трипараметричного гама-розподілу:

$$Q_p = k_p \bar{Q}_m \quad (4.2)$$

де  $k_p$  - модульні коефіцієнти, які вибирають з таблиці залежно від співвідношення  $C_s / C_v$ , заданої забезпеченості  $P_{1\%}$  і коефіцієнта варіації  $C_v$ .

По формулі (4.2) розраховуються витрати води заданої забезпеченості. Отримані результати представлені у таблиці 4.1.

Найбільше значення витрати води 1%-ної забезпеченості спостерігається на р. Салгир - с. Піонерське – 128,63 м<sup>3</sup>/с, а мінімальна витрата води дорівнює 12,58 м<sup>3</sup>/с для р. Зуя - с. Баланове.

Таблиця 4.1 - Максимальні витрати води для річок північно-східного схилу Кримських Гір різної забезпеченості  
( $P=1,3,5,10\%$ ) при  $C_s=3C_v$

№ з/п	Річка-Пост	$Q, м^3/с$	$C_v$	$k1\%$	$k3\%$	$k5\%$	$k10\%$	$Q1\%$	$Q3\%$	$Q5\%$	$Q10\%$
1	р.Су-Індол-с.Тополівка	8,05	1,72	8,23	5,14	3,94	2,55	66,25	41,38	31,72	20,53
2	р.Салгир-с.Сорокине	9,01	0,91	4,46	3,24	2,72	2,07	40,18	29,19	24,51	18,65
3	р.Салгир-с.Піонерське	19,64	1,36	6,55	4,34	3,46	2,40	128,63	85,23	67,95	47,13
4	р.Салгир-г.Сімферополь	21,07	1,09	5,28	3,70	3,03	2,22	111,23	77,95	63,83	46,77
5	р.Салгир-с.Роздільне	8,67	0,75	3,73	2,82	2,43	1,92	32,32	24,44	21,06	16,64
6	р.Салгир-с.Листвяне	8,48	0,76	3,77	2,85	2,45	1,93	31,96	24,16	20,77	16,36
7	р.Ангара-с.Перевальне	9,52	1,33	6,40	4,27	3,42	2,38	60,91	40,64	32,55	22,65
8	р.Зуя-с.Баланове	1,77	1,48	7,11	4,62	3,63	2,46	12,58	8,18	6,43	4,35
9	р.Бурульча-с.Межигір'я	8,48	1,21	5,84	4,00	3,24	2,31	49,51	33,91	27,47	19,58
10	р.Біюк-Карасу-м.Білогірськ	12,04	0,78	3,87	2,90	2,48	1,95	46,60	34,92	29,86	23,48
11	р.Біюк-Карасу-с. Зибіне	10,40	0,79	3,91	2,92	2,50	1,96	40,68	30,38	26,01	20,39
12	р.Кучук-Карасу-с.Богате	10,72	1,91	9,12	5,53	4,16	2,60	97,80	59,30	44,61	27,88
13	р.Малий Салгир-г.Сімферополь	5,54	1,47	7,07	4,60	3,62	2,45	39,20	25,50	20,07	13,58

Для переходу до інших забезпеченостей рекомендується перехідні коефіцієнти  $\lambda_p$ , одержані із залежності  $Q_p = f(Q_{1\%})$  та представлені у вигляді таблиці (рис.4.1, табл.4.2).

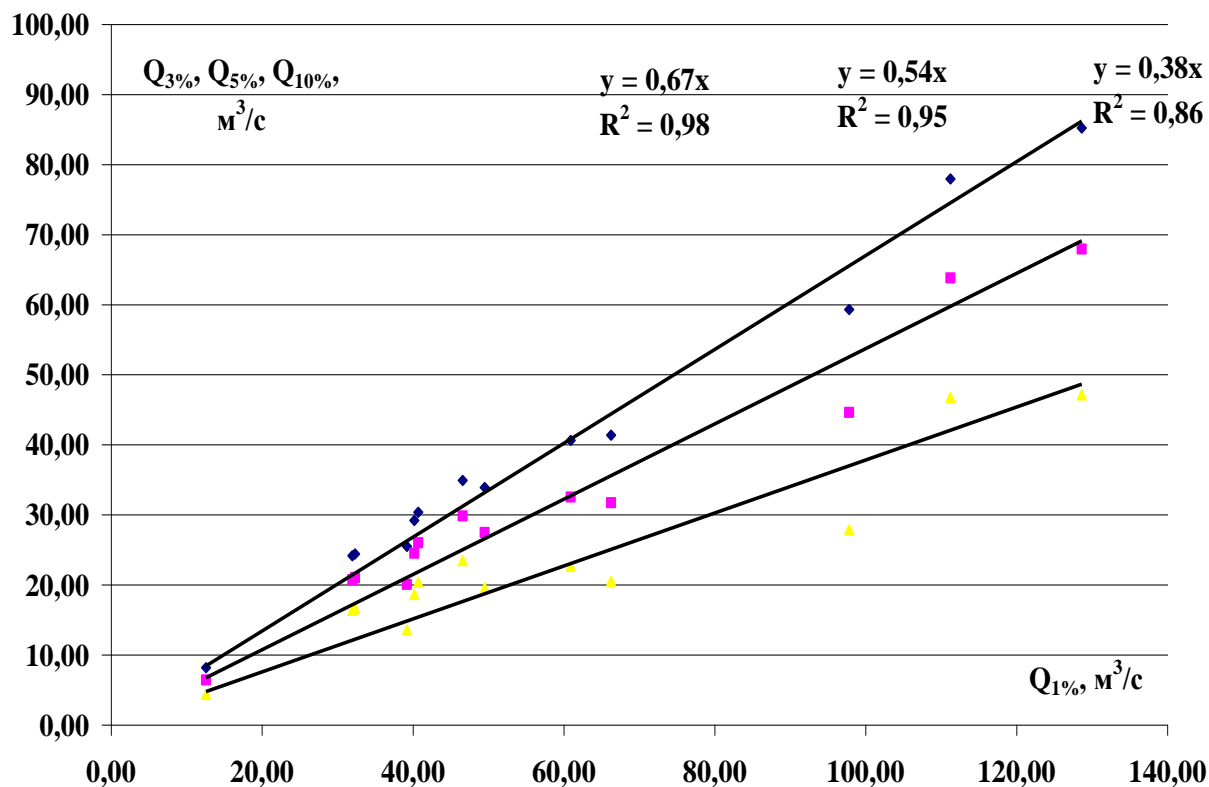


Рисунок 4.1 – Залежність для отримання перехідних коефіцієнтів від максимальних витрат води дощових паводків опорної ( $P=1\%$ ) забезпеченості до інших забезпеченостей ( $P\%$ )

Таблиця 4.2- Перехідні коефіцієнти від максимальних витрат води дощових паводків опорної ( $P=1\%$ ) забезпеченості до інших забезпеченостей ( $P\%$ )

$P\%$	1,0	3,0	5,0	10
$\lambda_p$	1,0	0,67	0,54	0,38



## 4.2 Розрахунок шарів паводочного стоку заданої ймовірності перевищення

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

$$Y_p = \bar{Y}_m [1 + C_v \Phi(P, C_s)] \quad (4.3)$$

Нормовані ординати розподілу Пірсону III типу  $\Phi = f(P, C_s) = (k_p - 1) / C_v$  приведені в таблиці [13].

Відповідно для три параметричного гама-розподілу:

$$Y_p = k_p \bar{Y}_m \quad (4.4)$$

де  $k_p$  - модульні коефіцієнти, які вибирають з таблиці залежно від співвідношення  $C_s / C_v$ , заданої забезпеченості  $P_{1\%}$  і коефіцієнта варіації  $C_v$ .

По формулі (4.4) розраховуються шари стоку заданої забезпеченості. Отримані результати представлені у таблиці 4.3.

Шари паводочного стоку 1% - ої забезпеченості коливаються від 10 мм (р.Салгир - с.Листвяне) до 138 мм (р.Ангара-с.Перевальне).

Аналогічно як і у випадку з максимальними витратами води для річок північно-східного схилу Кримських Гір отримані перехідні коефіцієнти до інших забезпеченостей ( $P=1,3,5,10\%$ ). Результати представлені на рисунку 4.2 та у таблиці 4.4.

Таблиця 4.3 – Шари паводочного стоку для річок північно-східного схилу Кримських Гір різної забезпеченості  
( $P=1,3,5,10\%$ ) при  $C_s=2,50C_v$

№ з/п	Річка-Пост	$Y, мм$	$C_v$	$k1\%$	$k3\%$	$k5\%$	$k10\%$	$Y1\%$	$Y3\%$	$Y5\%$	$Y10\%$
1	р.Су-Індол-с.Тополівка	9	1,32	6,32	4,35	3,51	2,47	59	41	33	23
2	р.Салгир-с.Сорокине	19	0,8	3,87	2,96	2,55	2,01	74	56	48	38
3	р.Салгир-с.Піонерське	12	1,17	5,59	3,96	3,26	2,37	67	48	39	28
4	р.Салгир-г.Сімферополь	13	0,89	4,28	3,20	2,73	2,11	57	43	36	28
5	р.Салгир-с.Роздільне	4	0,85	4,10	3,10	2,65	2,07	16	12	11	8
6	р.Салгир-с.Листвяне	2	1,02	4,88	3,55	2,98	2,24	10	7	6	4
7	р.Ангара-с.Перевальне	26	1,11	5,31	3,8	3,15	2,32	138	99	82	60
8	р.Зуя-с.Баланове	13	1,39	6,66	4,53	3,63	2,52	87	59	47	33
9	р.Бурульча-с.Межигір'я	21	0,97	4,64	3,42	2,88	2,19	97	72	61	46
10	р.Біюк-Карасу-м.Білогірськ	20	1,2	5,73	4,04	3,31	2,39	115	81	66	48
11	р.Біюк-Карасу-с. Зибіне	8	1,82	8,81	5,59	4,29	2,74	70	45	34	22
12	р.Кучук-Карасу-с.Богате	10	1,37	6,56	4,48	3,6	2,51	66	45	36	25
13	р.Малий Салгир-г.Сімферополь	4	1,18	5,64	3,99	3,27	2,37	23	16	13	9

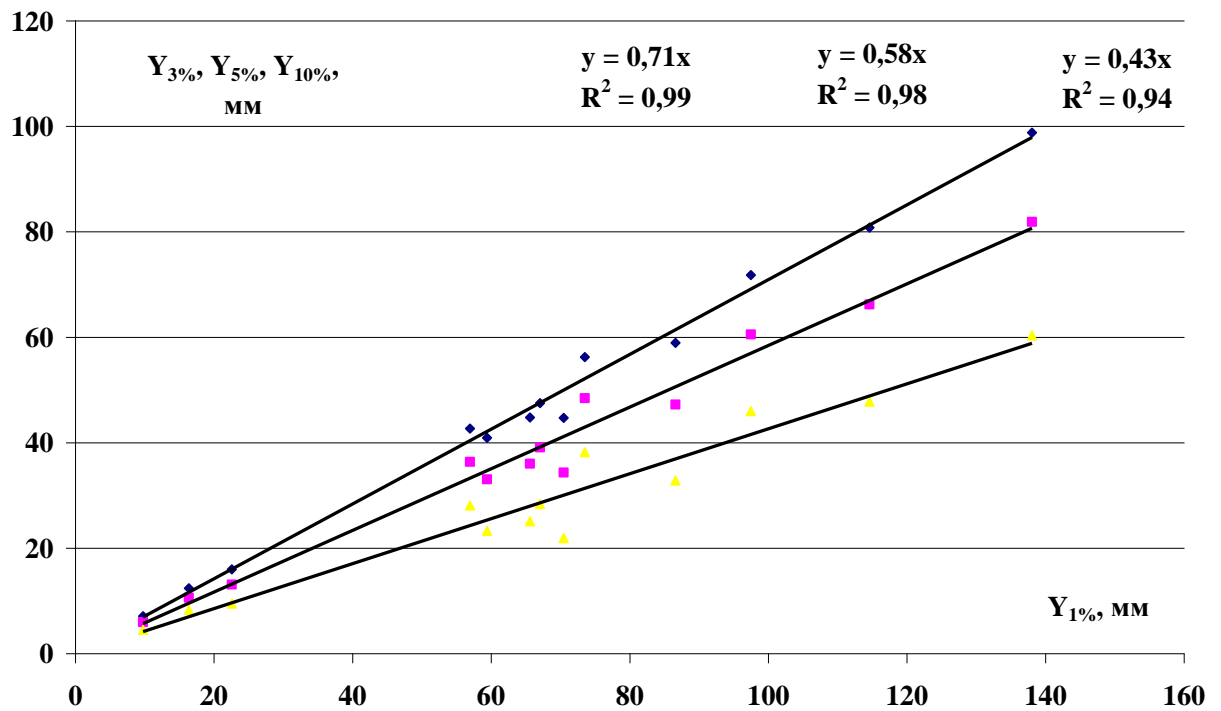


Рисунок 4.2 – Залежність для отримання перехідних коефіцієнтів від шарів паводочного стоку опорної ( $P=1\%$ ) забезпеченості до інших забезпеченостей ( $P\%$ )

Таблиця 4.4- Перехідні коефіцієнти від шарів паводочного стоку опорної ( $P=1\%$ ) забезпеченості до інших забезпеченостей ( $P\%$ )

$P\%$	1,0	3,0	5,0	10
$\lambda_p$	1,0	0,71	0,58	0,43

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи визначенні розрахункові характеристики максимального стоку паводків теплої періоду для річок північно-східного схилу Кримських гір. У тому числі можна зробити наступні основні висновки:

1. Перевірка однорідності вихідної інформації за допомогою критеріїв Стюдента, Фішера та Уїлкоксона показала, що характеристики максимального стоку дощових паводків для річок північно-східного схилу Кримських гір однорідні у часі. Отже в цілому по території інформацію по максимальному стоку дощових паводків можна вважати однорідною.

2. При визначенні розрахункових характеристик паводків (максимальних витрат води і шарів стоку) використовувались статистичні параметри розподілу і крива трипараметричного гама-розподілу.

3. Статистична обробка максимальних витрат води: значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,74 (р.Салгир-с.Роздільне, р.Салгир-с.Листвяне) до 1,81 (р.Кучук-Карасу-с.Богате), а коефіцієнти варіації, розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,75 (р.Салгир-с.Роздільне) до 1,91 (р.Кучук-Карасу-с.Богате).

4. Статистична обробка шарів паводочного стоку: значення коефіцієнтів варіації для шарів паводочного стоку, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,76 (р.Салгир-с.Сорокине) до 1,65 (р.Біюк-Карасу-с. Зибіне), а коефіцієнти варіації, розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,80 (р.Салгир-с.Сорокине) до 1,82 (р.Біюк-Карасу-с. Зибіне).

5. Використовуючи ординати трипараметричного гама-розподілу С.М. Крицького – М.Ф. Менкеля та статистичні характеристики були визначені максимальні витрати води та шари паводочного стоку 1,3,5,10%-ої забезпеченості.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Атлас України / кер. проекту Л.Г.Руденко, В.С.Чабанюк, А.І.Бочковська / Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», Інтелектуальні Системи ГЕО, 1999-2000. [UPL:http://www.isgeo.kiev.ua](http://www.isgeo.kiev.ua)
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 4. Крым. Ленинград: ГМИ, 1966. 344 с.
3. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Карстовая республика (карст Крыма и его проблемы) / Симферополь: КАН. 1996. 85 с.
4. Вахрушев Б.А. Районирование карста Крымского полу острова // журнал «Спелеология и карстология». №3. Симферополь. 2009. С.39-46.
5. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ : Вид-во Раєвського. 2003. 343 с.
6. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР / Ленинград. Гидрометеиздат, 1960. 455 с.
7. Тодорова О.І. Максимальний стік паводків теплого періоду на річках Гірського Криму. канд.геогр.наук: 11.00.07:захищена 13.04.2017: затв. 26.06.2017 / Тодорова Олена Івнівна. Одеса. 2017. 216 с.
8. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірзанова Ж.Р. Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Прип'ять : монографія / Одеса: Екологія, 2011. 336 с.
9. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии / Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 423с.
10. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / Санкт-Петербург: ГГИ, 2007. 278 с.
11. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. М., 2004. 72 с.

12. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник / Одеськ. Державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.

13. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 447 с.

14. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком / Москва. 1981. 254 с.

15. Блохинов Е.Г. Об особенностях распределения выборочных оценок параметров речного стока // Труды ГГИ. Вып.134. Ленинград: Гидрометеиздат. 1968. С.115-150.