

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему: **ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ**
ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ ДЛЯ РІЧОК ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО СХИЛУ
КРИМСЬКИХ ГІР

Виконав студент 3 року навчання
групи МСГ-236
спеціальності 103 Науки про Землю
Гурин Андрій Сергійович

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

Консультант _____

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

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
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.
“26” квітня 2019 року

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

Гурину Андрію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Визначення характеристик дощових паводків теплового періоду для річок північно-західного 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 “07” грудня 2018 року №343-С

2. Строк подання студентом роботи 17.05.2019 р.
3. Вихідні дані до роботи Основні гідрографічні характеристики водозборів річок північно-західного 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-західного схилу Кримських гір – географічного положення, геології та рельєфу, ґрунтового і рослинного покриву, особливості кліматичних умов, характеристик водного режиму, гідрометеорологічної вивченості території. Аналітичний огляд регіональних методів розрахунку максимального стоку дощових паводків для річок Криму. Методи визначення статистичних параметрів та статистична обробка рядів максимальних витрат води та шарів паводочного стоку. Узагальнення шарів паводочного стоку по території.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Карто-схеми географічного положення річок північно-західного схилу Кримських гір, ґрунтів, рослинності, розташування гідрологічних постів, карта схема розподілу шарів паводочного стоку по території.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26.04.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ	29.04-03.05.2019	70	задовільно
2	Фізико - географічна характеристика території північно-західного схилу Кримських гір	04.05-08.05.2019	75	добре
3	Регіональні методики для розрахунку максимального стоку дощових паводків	09.05-12.05.2019	75	добре
	Рубіжна атестація	13.05-19.05.2019		
4	Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку паводків теплого періоду на річках північно-західного схилу Кримських гір	13.05-16.05.2019	80	добре
	Оформлення роботи	16.05-17.05.2019		
	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	20.05-23.05.2019		
	Підготовка доповіді, презентації	23.05-02.06.2019		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		75	добре

Студент _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

роботи _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ.....	5
1. Фізико - географічна характеристика території північно-західного схилу Кримських гір.....	6
1.1 Географічне положення, рельєф.....	6
1.2 Ґрунти та рослинність.....	7
1.3 Скорочена кліматична характеристика	9
1.4 Гідрологічна вивченість та особливості режиму стоку річок.....	11
1.5 Вплив карсту на водний режим річок Кримських гір.....	12
2. Регіональні методики для розрахунку максимального стоку дощових паводків.....	16
2.1 Формули для розрахунку максимального стоку паводків за нормативним документом СНиП 2.01.14-83.....	16
2.2 Регіональна методика «Ресурсы поверхностных вод СССР».....	18
2.3 Методика для розрахунку максимального стоку паводків за формулою П.Ф. Вишневського.....	19
...	
2.4 Методика Гопченка Є.Д. - Скорик О.Л.....	22
3 Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку паводків теплої періоду на річках північно-західного схилу Кримських гір.....	25
3.1 Критерії однорідності часових рядів.....	25
3.2 Аналіз однорідності і циклічності в рядах дощових паводків.....	26
3.3 Розрахунки статистичних параметрів за методом моментів.....	29
3.4 Розрахунки статистичних параметрів за методом найбільшої правдоподібності.....	33
3.5 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води.....	36
3.6 Статистична обробка часових рядів шарів стоку дощових паводків.....	40
3.7 Просторове узагальнення шарів паводочного стоку для річок північно-західного схилу Кримських гір.....	43

Висновки.....	45
Список використаних джерел.....	46

Вступ

Річки Криму відносяться до річок з паводковим режимом. Найбільш катастрофічні паводки відбуваються, в основному, в літній час у зв'язку з рясними дощами. Паводки завдають величезної збитку народному господарству: затоплюють і виводять з господарського обороту сільськогосподарські угіддя, підтоплюють населені пункти, руйнують житлові будинки і промислові підприємства, греблі, шосейні і залізні дороги, трапляються і людські жертви. Отже проблема розрахунку максимального стоку є однією з найбільш важливих як в практичному, так і науковому відношеннях.

Наукове значення проблеми паводків визначається їх роллю в формуванні режиму річок, а також її центральним положенням серед інших проблем гідрології та ряду суміжних дисциплін. Практичне значення її полягає в надійному обґрунтуванні розмірів отворів гідротехнічних споруд, які зводяться на річках, оцінці ймовірних зон затоплення при проходженні паводків або весняних повеней різної вірогідності перевищення та ін.

В *першому розділі* представлена коротка фізико-географічна характеристика території, яка розглядається. *Другий розділ* розкриває існуючі методики розрахунків максимального стоку паводків. *Третій розділ* присвячений статистичній обробці вихідної інформації по максимальному стоку паводків теплої періоду річок басейну річок північно-західного схилу Кримських гір та отриманню одного з параметрів (шару стоку 1%-ої забезпеченості) для розрахункової схеми максимального стоку паводків для території, яка досліджується.

Отримані результати можуть бути використані у подальших розрахунках при визначенні максимального стоку паводків теплового періоду для річок північно-західного схилу Кримських гір.

У 2019 році автор представив результати роботи на студентській конференції ОДЕКУ.

1. Фізико - географічна характеристика території північно-західного схилу Кримських гір

1.1 Географічне положення, рельєф

На півночі Кримського півострову розташована територія водозборів північно-західного схилу Кримських гір, яка включає в себе річки Альма, Кача, Бельбек, Чорна та їх притоки [1]. Ці річки та їх притоки беруть свій початок, майже в вершинах Кримських гір та впадають в Чорне море (рис.1.1).

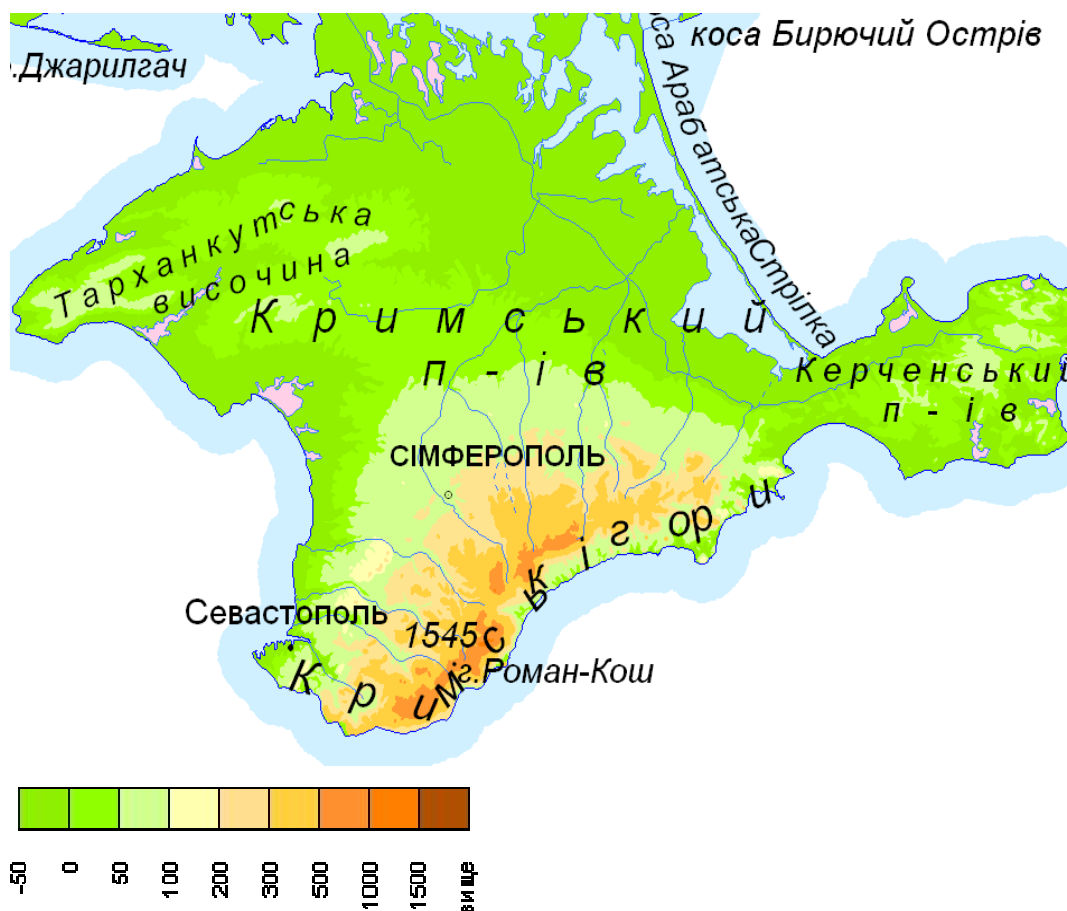


Рисунок 1.1 - Карта-схема географічного положення Криму [2]

Геологічна будова та тектонічне районування створили сприятливі умови для ерозійних процесів та розвитку ерозійно-денудаційного рельєфу.

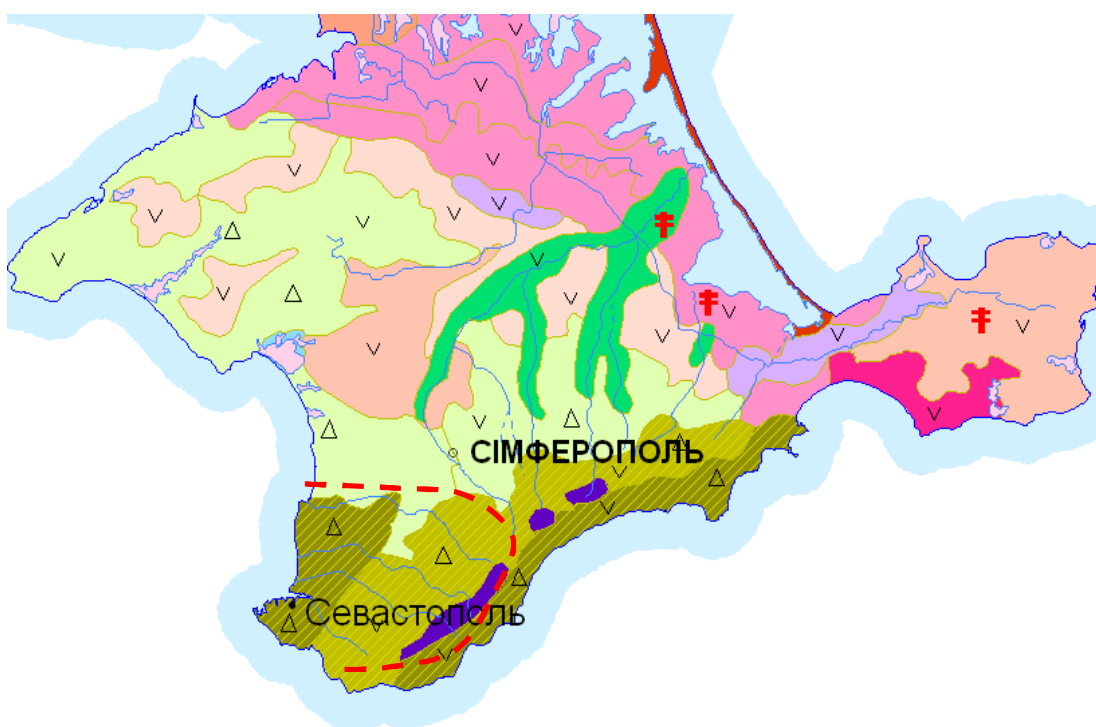
Широко розповсюджені конуси виносу перед гирлами тимчасових водотоків, конуси виносу утворюють при змитті промовіальні тераси. На нижніх частинах схилів, які прилягають до річних долин та балок, розвинуті древні стабілізуючі зсуви, які відновлюють свою діяльність при штучній підрізці схилів, що спостерігалось, наприклад, в районі с. Щасливого на р. Бельбек, під час побудови, водосховища. У північно-західному і північному районах Криму поверхня низькогірних горбистих масивів поступово змінюється, вона набуває більш м'які контури та плавно переходить в слабо взпагорблену поверхню першої подовжньої долини. Пересікаючи її річки Чорна, Альма, Кача створюють в ній добре розроблені широкі долини з

терасами. З північно-західного району першу подовжню долину оконтурюють високо припідняті обриви - куести Внутрішньої гряди.

1.2 Ґрунти та рослинність

Північно-західний схил Кримських гір охоплює такі ґрунти, як перегородні та горні чорноземні, сірі чорноземновидні ґрунти між гірських долин. Саму західну частину північно західного схилу кримських гір охоплюють коричневі ґрунти сухих лісів та кущів луго-степів. Далі простягаються дерновокарбонатні та горні чорноземи [1] (рис.1.2).

Рослинність північно-західного схилу Кримських гір представлена кримськими гірськими лісами. В основному це сосна, дуб, граб ялівець, бук та чагарники. Також, водозбори північно-західного схилу Кримських гір охоплюють лучні та справжні степи, в яких розповсюджена така рослинність, як типчак, ковила, різні злаки та різнотрав'я [1] (рис.1.3).



Умовні позначки:

Типи ґрунтів

Опідзолені ґрунти (незмиті та змиті) переважно на лесових породах

7  Чорноземи опідзолені

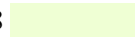
Чорноземи південні (незмиті та змиті) на лесових породах

16  Чорноземи південні малогумусовані та слабогумусовані

Чорноземи на важких глинах


17  Чорноземи переважно солонцюваті на важких глинах


Чорноземи та дернові ґрунти щепенюваті на елювії щільних порід

18  Чорноземи і дернові щепенюваті ґрунти на елювії щільних безкарбонатних порід (пісковиків і сланців)


19  Чорноземи і дернові карбонатні ґрунти на елювії карбонатних порід (мергелів, крейди, вапняків)

Чорноземи залишково-солонцюваті на лесових породах

20  Чорноземи типові залишково-солонцюваті

21  Чорноземи південні залишково-солонцюваті

Каштанові ґрунти на лесових породах

26  Темно-каштанові солонцюваті ґрунти

27  Каштанові солонцюваті ґрунти в комплексі з солонцями

Рисунок 1.2 - Ґрунтовий покрив північно-західного схилу Кримських гір [2]

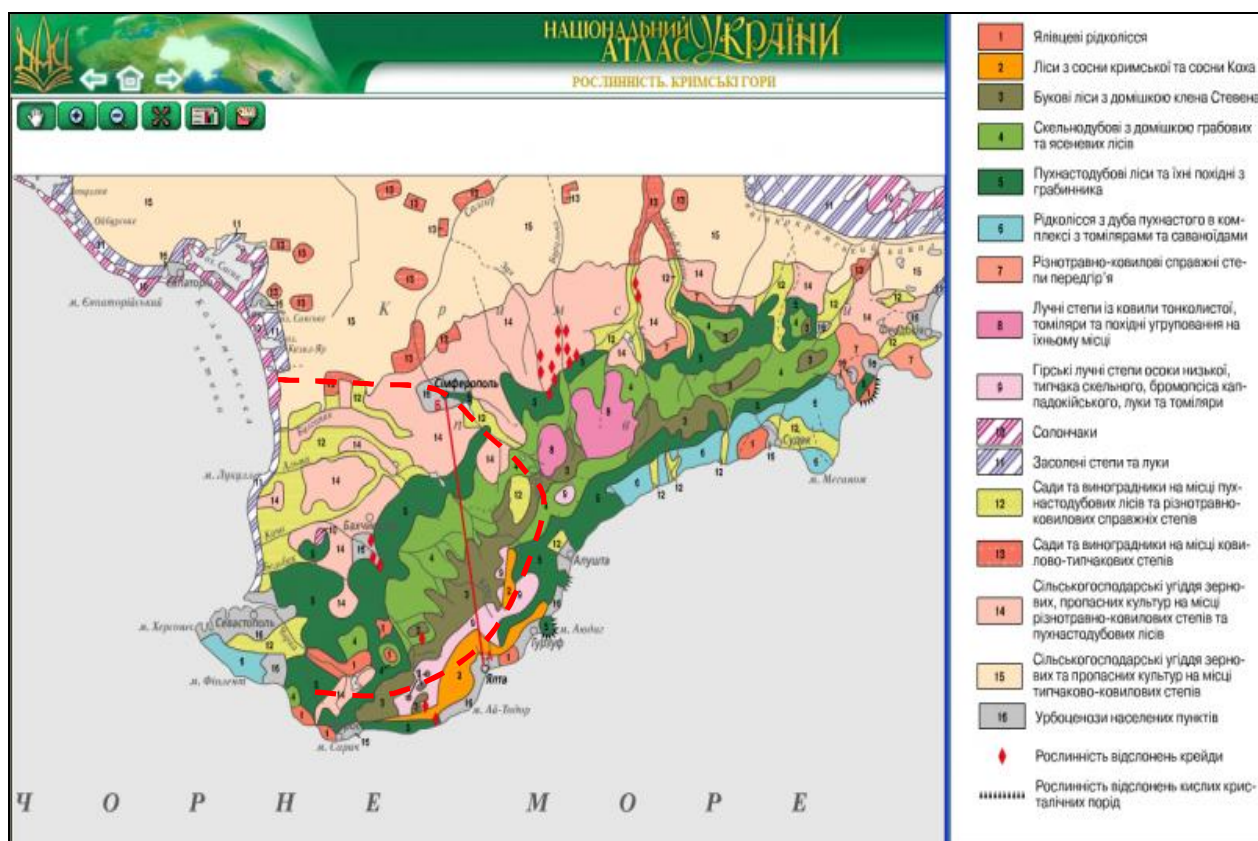


Рисунок 1.3 – Рослинний покрив північно-західного схилу Кримських гір [2]

1.3 Скорочена кліматична характеристика

В зв'язку з тим, що Кримський півострів розташований, відносно в більш низьких широтах, ніж решта території України, він отримує більшу кількість сонячного тепла. Сумарна радіація північно-західного схилу Кримських гір за рік складає 123,6 – 124,9 ккал/см², а відповідні величини балансу від 55,4 до 57,2 ккал/см².

На західному узбережжі, де помітно відчувається вплив Чорного моря, середня температура січня вище 6° С, а на крайньому півдні, в районі м. Севастополя, досягає 2-3° С. Влітку температура повітря перевищує 20° С. В горах температура знижується та виражається в градусах на кожні 100 м висоти, та складає в січні -0,65, в квітні -0,57, в липні -0,72, в жовтні -0,55 та за рік -0,62.

Середня річна температура 9,8 ° С. з лютого починає зростати температура, особливо це інтенсивно від березня до квітня, та від квітня до травня, в ці місяці значуще зростає сумарна сонячна радіація, зменшується хмарність. Збільшується роль трансформації повітряних мас.

Абсолютні мінімуми температур спостерігаються, як правило, при вторгненні арктичного повітря, складає в горах -31°С-32°С, значно вище мінімуми південного берега, але і тут в окремі дні температура понижалась до -14°С-17°С, такі дні спостерігались один раз за 70 років.

Абсолютні максимуми поєвувались від 21°С до 39°С. В північно-західній та центральній частини перехід через 0°С відбувається весною в перших числах березня, а в східній частині – в третій декаді лютого. В горах від'ємні температури утримуються до другої половини березня. На південному заході

Чорноморського узбережжя та на південному березі стійкого періоду через температуру нижче 0°C немає.

Атмосферні опади відрізняються великою мінливістю в просторі та в часі, це обумовлено своєрідним морським оточенням півострову та вертикальною кліматичною зональністю, в весняно-літній час пов'язана з різним положенням полярного фронту над Україною.

Опади на північно-західному схилі Кримських гір поливаються від 350-600 мм за рік. Але в гірських районах опади досягають в середньому на рік біля 800 мм. На північно-західному схилі Кримських гір переважають південно-східні вітри та південно-західні вітри, середня швидкість 4,7-3,1 м/сек.

Випаровування збільшується з північного заходу на південь-південь-схід, в середньому від 400-500 мм за рік. Сумарне випаровування з поверхні суші північно-західного схилу Кримських гір приблизно 560 мм за рік.

1.4 Гідрологічна вивченість та особливості режиму стоку річок

В західній частині північного схилу Кримських гір беруть свій початок найбільше значущі по своїй водоносності річки Криму - Альма, Кача, Бельбек, Чорна. Річки цієї групи приблизно до середини своєї течії носять характер типових гірських потоків (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 Карта-схема розміщення гідрологічних постів [3]

Басейни річок охоплюють північно-західний схил головної гряди, внутрішні та зовнішні передгірні гряди та розташовані між ними повздовжні долини. Між першою та другою рядами річок на протязі 20-25 км пересікають область сильно розмитих сланців. За лінією сланців вони прориваються крізь височини другої та третьої гряди та виходять на рівнину.

Басейни мають витягнуту вздовж річки форму, розширену в верхній частині. Площа басейнів основних річок біля 500-600 км², довжина 40-60 км, середня ширина 5-10 км [1].

Найбільші підняття верхньої частини є основною областю живлення, розміщуються на вапнякових масивах з висотами 1300-1400 м та їх схилах, розсіченими глибокими ущелинами припливів. Передгірні гряди розділені на окремі височини, зменшуючись до моря і в межах зовнішньої гряди мають вигляд увалів. Річкова мережа розвинута головним чином в верхній частині

басейнів, всі основні свої притоки річки Альма та Кача приймають на протязі верхніх 20 км. В передгірних та нижній частині басейнів річна сітка майже відсутня. Верхні притоки носять характер гірських водотоків, через міру бурних та багатоводних після злив та маловодні в міжнародні періоди. Долини припливів основних річок мають характер гірських ущелин [1].

В низов'ях річки Чорна та Бельбек дно долин заболочене внаслідок близького залягання до поверхні ґрунтових вод. На деяких неглибоких притоках заплава відсутня. Берега та дно річок які складаються з м'яких наносів порід легко піддаються руйнуванню та розмиванню. Особливо сильна деформація спостерігається в нижній течії річок Альми та Качі, Бельбек. При впадінні в море в своїх гирлах річки Альма та Кача створили пісчані обмілини, через які в посушливій час вода фільтрується в море, а в паводочний період обмілини прориваються.

1.5 Вплив карсту на водний режим річок Кримських гір

Карст – південнослов'янське слово і в перекладі означає “країна каміння”, тобто кам'яниста місцевість, покрита воронками, печерами, провалами і ін. Слово “карст” походить від найменування нагір'я Карст в Югославії. Тому підземні води, циркулюючі в порожнинах вапняних та інших розчинних порід, отримали назву карстових. Карст поширений в гірській частині Криму і, місцями, на території Тарханкутського півострова. Підземні води розташовуються на різних глибинах. Деякі з них лежать на невеликій глибині (до 3-20 м) і носять назву ґрунтових вод. Другі - залягають на глибинах до сотні і більше метрів і відносяться до числа напірних артезіанських вод [1].

Водоносні горизонти, що розвантажуються в русла річок, утворюють область розвантаження карсту. Дуже часто, вихід карстових вод на поверхню в долинах, балках, ярах дає початок річкам у вигляді джерел. За умов виходу води джерела діляться на низхідні, коли вода вільно без тиску виливається з породи, і висхідні, коли вода виходить під тиском. Саме області розвантаження карстових вод у вигляді поверхневих джерел дають початок багатьом річкам Криму (рр. Чорна, Бельбек, Біюк – Карасу, Салгірка та інш.), визначаючи деякі характерні особливості водного режиму цих річок, які не пов'язані з кліматичними умовами.

У Гірському Криму, переважно в західній його половині, Яйлинські масиви, куди не заходять навіть верхів'я ерозійних систем, є безстічними областями. Плоский рельєф яйл, складений вапняками, і наявність замкнених понижень сприяють інтенсивній фільтрації опадів в глибокі водоносні горизонти і подальшому їх накопиченню в товщі карстових порід. Території, де поверхневий стік поглинається карстовими порожнинами, утворюють області живлення карсту. У зв'язку з незбіжністю поверхневого і підземного водозборів річок можливий перерозподіл запасів підземних вод між сусідніми водозборами. Це призводить до того, що водні ресурси окремих водозборів визначаються не кліматичними, а гідрогеологічними умовами. Ця обставина викликає певні труднощі при розробці методик розрахунку водних ресурсів досліджуваної території, оскільки відомості про наявність карсту на водозборах й ступені його дії на умови формування стоку носять якісний, а не кількісний характер.

Крайня нерівномірність розповсюдження поверхневих карстових форм та тріщинуватих карбонатних порід на гірських плато звичайно припускає значні ускладнення в розподіленні поверхневого стоку в карстових районах у порівнянні з територіями, які складені не карстовими породами. Головною особливістю такого розподілу є часте передування стічних, періодично

стічних і безстічних ділянок, на яких здійснюється часткове та повне поглинання атмосферних опадів.

Розподілення стічних і безстічних площин на Кримському нагір'ї в області розповсюдження верхньоюрських карбонатних порід пов'язане з визначеними закономірностями розвитку гірського рельєфу. До стічних площин відносяться: схили гірських масивів, на яких розвинена ерозійна мережа верхів'їв річок; плато, які охоплені поп'ятною ерозією окремих верхів'їв у склад цих басейнів на присхилових ділянках; плато, які раніше були безстічними, пізніше перехоплені окремими верхів'ями ерозійної мережі, які проникли в центральні ділянки плато. Головним фактором розвитку глибинного закарстування як шляхів карстового стоку треба вважати закономірно мінливу сіть тріщинуватості і ускладнюючу її систему тектонічних порушень.

Вплив карсту на стік дуже великий та потребує всебічного дослідження. У зв'язку з цим в 1960р. Інститутом мінеральних ресурсів в поєднанні з Кримською гідрометобсерваторією, а також Інститутом гідрології та гідротехніки АН УРСР були проведені польові гідрографо - карстологічні дослідження Гірського Криму. В процесі польових робіт на водозборах річок Хастабаш, Жовтої, Узунджи і Бельбека були отримані данні, які підтвердили представлення карстологів про періодичність поверхневого стоку в ерозійній мережі схилових водозборів та про можливості його значного поглиблення.

Аналіз даних польових спостережень карстологів про сліди стоку та зливових опадів (по метеостанції Ай-Петрі) дозволив оцінити повторність поверхневого стоку на плато. Якщо виключити із середньорічного (за багатолітніми даними) кількість днів з опадами більше 30 мм за добу дні з твердими опадами, залишається 3 дні на теплий період, коли міг бути поверхневий стік. Можлива середньорічна кількість опадів (за багатолітніми даними), які йдуть на поверхневий та підземний стік у внутрішні водозбори плато ("безстічні"), складає 378 мм (після вирахування 40 % від норми опадів

на випаровування і фільтрування опадів, які випадають за 161,8 днів в кількостях менше 20 мм за добу). Якщо прийняти, що ця середньорічна кількість випадає за 18,9 днів, в середньому по 20 мм за добу, то мінімальний разовий об'єм стоку складатиме 20 тис.м на 1 км площини водозбору, а для максимального разового стоку (1 раз за 40 років, коли за добу випало 143 мм) – 143 тис.м. За даними В.П. Молодих та Б.М. Гольдіна [1] , для верхів'їв р.Бельбека частина річного об'єму стоку, яка приходить на поверхневий стік в ерозійній мережі карбонатних порід, складає 21 (1961 р.) – 28% (1962 р.) від загального об'єму стоку. Аналіз даних спостережень за 1948-1962 рр. по р.Бельбек – с. Щасливе дозволив розрахувати модуль стоку, який дорівнює 17,9 л/с км. Для безстічної області живлення карстових вод він дорівнює нулю, а для схилових водозборів його значення 3-7 л/с км. Характерною особливістю треба також вважати не тільки пряму залежність дебітів джерел від кількості опадів, які випали, але також і різке посилення карстового стоку в роки високого зволоження (1962р.). Це відбувається за рахунок підключення до джерел додаткових підземних водозборів на плато і схилах при підйомі рівнів карстових вод в окремих тріщинно-полосних системах [4].

2. Регіональні методики для розрахунку максимального стоку дощових паводків

2.1 Формули для розрахунку максимального стоку паводків за нормативним документом СНиП 2.01.14-83

В Україні при розрахунках максимального стоку паводків і водопіль використовувався нормативний документ СНиП 2.01.14-83 [5], яким узагальнені матеріали спостережень до 1975 року, і він був єдиним для всієї території колишнього СРСР. В Росії та деяких країнах СНД цей нормативний документ використовувався до 2003 року, тобто до запровадження СП 33-101-2003 [6].

На даний час в Україні підготовлено новий нормативний документ ДБН В.2.4-8:2014 *Визначення розрахункових гідрологічних характеристик*, він затверджений Наказом Мінрегіону України від 02.07.2014 № 185, але поки що не вступив в дію. Основні розрахункові формули в цьому виданні залишилися незмінними, але, на відміну від СНиП 2.01.14-83, в ньому також пропонується використовувати операторну модель проф. Гопченка Є.Д.

В СНиП 2.01.14-83 [5] для водозборів із площею більшою за 200 км² для розрахунку рекомендується формула вигляду:

$$Q_{p\%} = q_{200} (200 / F)^{n_1} \delta \delta_2 \delta_3 \lambda_{p\%} F, \quad (2.1)$$

де q_{200} – модуль максимальної миттєвої витрати води щорічної ймовірності перевищення $P=1\%$ (при $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1$), приведений до умовної площі водозборів $F=200$ км²;

n_1 – показник редукції модуля максимальної миттєвої витрати води із збільшенням площі водозборів F ;

$\lambda_{p\%}$ – перехідний коефіцієнт від максимальних миттєвих витрат води щорічної ймовірності перевищення $P=1\%$ до інших ймовірностей перевищення $P\%$;

δ, δ_2 – коефіцієнти, що враховують зниження максимальних витрат води під впливом заболоченості і водойм проточного типу.

Степеневий показник n_1 – районований, а множник δ_3 , який враховує зміну параметра q_{200} з висотою водозборів у гірських районах, визначається за даними гідрологічно вивчених річок.

При наявності річок-аналогів розрахунок $Q_{p\%}$ здійснюється за формулою:

$$Q_{p\%} = q_{p\%a} \frac{\delta\delta_2}{\delta_a\delta_{2a}} \left(\frac{F_a}{F}\right)^{n_1} F, \quad (2.2)$$

де δ, δ_2 і δ_a, δ_{2a} – коефіцієнти, відповідно для досліджуваної річки і річки-аналога. Область застосування формули (2.2) обмежена умовою

$$K_\phi \leq 1,5 K_{\phi.a}. \quad (2.3)$$

Коефіцієнти форми водозборів досліджуваних річок K_ϕ і аналогів $K_{\phi.a}$ обчислюються за співвідношенням:

$$K_\phi = L/F^{0.56}; K_{\phi.a} = L_a/F_a^{0.56}, \quad (2.4)$$

де L і L_a – довжини досліджуваних річок і аналогів від найбільш віддалених точок на водозборах з площами F і F_a .

Для річок з площами водозборів менше 200 км² нормативним документом рекомендується визначати максимальні миттєві витрати води річок дощових паводків $Q_{p\%}$ (м³/с) за формулою граничної інтенсивності:

$$Q_{p\%} = A_{1\%} \phi H'_{1\%} \delta \lambda_{p\%} F, \quad (2.5)$$

де $A_{1\%}$ -максимальний модуль стоку щорічної ймовірності перевищення $P=1\%$, виражений в частках від $\phi H'_{1\%}$ при $\delta = 1$;

$H'_{1\%}$ - максимальний добовий шар опадів ймовірністю перевищення $P=1\%$;
 φ - збірний коефіцієнт стоку.

2.2 Регіональна методика «Ресурсы поверхностных вод СССР»

Монографічне видання «Ресурсы поверхностных вод СССР» [1] на протязі багатьох років використовувалось на рівні з нормативними документами. Зокрема, для території Криму узагальнення матеріалів по максимальному стоку і рекомендації по його розрахунку для невивчених річок гірських і передгірських районів представлено для трьох груп, залежно від експозиції схилів Кримського хребта: річки західної частини північного схилу, річки Південного берегу, річки східної частини північного схилу.

В основу узагальнення покладена редуційна формула вигляду:

$$q_m = \frac{q'_{1\%}}{(F + b)^{n_1}}, \quad (2.6)$$

де q_m – максимальний модуль стоку, м³/(с·км²);

$q'_{1\%}$ – максимальний модуль схилового припливу, м³/(с·км²);

F – площа водозбору, км²;

n_1 – показник степені редуції;

b – параметр характеристики зменшення редуції модуля стоку в зоні малих площ водозборів.

2.3 Методика для розрахунку максимального стоку паводків за

формулою П.Ф.Вишневського

Свого часу в Україні використовувалася формула П.Ф.Вишневського [7] для розрахунку максимальної витрати води від злив, яку в загальному вигляді можна записати таким чином:

$$Q_m = 1,67 F h_m \varphi n r r_1 k_1 \lambda , \quad (2.7)$$

де F – площа водозбору, (км^2);

h_m – максимальна водовіддача зливого стоку (мм) за прийнятий розрахунковий інтервал 10 хв.;

φ – коефіцієнт редукції.

Інші параметри (n , r , r_1 , k_1 , λ) є поправочними коефіцієнтами до витрат води.

Величина максимальної зливної витрати води залежить, крім площі водозбору F , від двох основних чинників: максимальної водовіддачі та її редукції по площі водозборів. Інші поправочні коефіцієнти застосовуються лише у тих випадках, коли на водозборі має місце залісеність, заболоченість, зарегульованість ставками, водосховищами та за наявності широких заплав.

Під максимальною водовіддачею зливого стоку в дослідженнях П.Ф.Вишневського мається на увазі найбільша середня величина шару стоку (в мм), що надходить за розрахунковий інтервал часу 10 хв. в первинну гідрографічну мережу водозборів. Для річок Криму автор пропонує карту ізоліній величини h_m (рис.2.1).

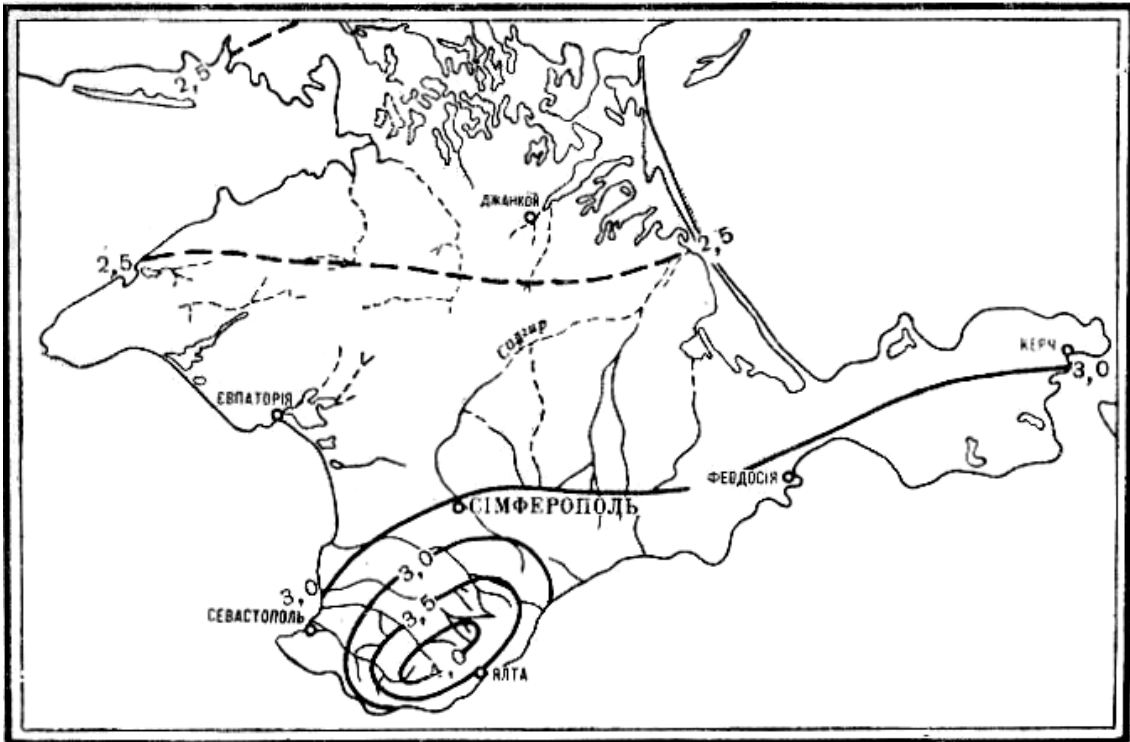


Рисунок 2.1 Карта ізолій максимальної водовіддачі зливового стоку
3%-ї забезпеченості (в мм/10 хв.) [7]

Інтерполяційні формули визначення коефіцієнта редукції φ мають вигляд:

- при $n_1 < 1$

$$\varphi = \frac{2,26}{1 + 6,3n_1}; \quad (2.8)$$

- при $n_1 > 1$

$$\varphi = \frac{0,626}{1 + 1,02n_1}. \quad (2.9)$$

Параметр n_1 розраховується за співвідношенням:

$$n_1 = \frac{\tau}{t_c}, \quad (2.10)$$

де τ – тривалість добігання,

t_c – тривалість водовіддачі стоку, або у термінології А.М.Бефані-Є.Д.Гопченка

T_0 - тривалість припливу води зі схилів до руслової мережі підчас паводка.

При цьому τ та t_c визначаються за фактичними даними спостережень з гідрографів зливових паводків і записів самописцями ходу випадання зливи

$$\tau = \frac{L}{V}, \quad (2.11)$$

де L – довжина річки, км, V – швидкість добігання, км/доба.

Величина t_c приймається постійною для гірських районів - 3 год. Коефіцієнт n , який безпосередньо враховує вплив залісеності та заболоченості на максимальну зливову витрату води, обчислюється як співвідношення:

$$n = \frac{\tau + t_c}{\tau + m t_c}. \quad (2.12)$$

Величину m можна обчислити за формулою:

$$m = 1 + \alpha \frac{f_n}{F} + \frac{f_b}{F}. \quad (2.13)$$

2.4 Методика Гопченка Є.Д. - Скорик О.Л.

В якості регіональної для території Криму в 1998 році була запропонована методика Гопченка Є.Д. - Скорик О.Л. [8-10], в якій розрахунок максимального стоку дощових паводків невивчених річок Гірського і Степового Криму, базується на використанні математичної моделі А.М. Бефані (1958).

Різниця методичних підходів при узагальненні характеристик максимального стоку у межах Гірського і Степового Криму полягає, головним чином, у визначенні шарів схилового припливу. У гірській частині території під впливом порід, що карстуються, формується значний базисний стік, а розрахунковий варіант формули має вигляд:

$$q_p = 0,28 Y_m \varphi K_r \varepsilon'_{II} \delta \lambda_p / t_p + q_b, \quad (2.14)$$

де Y_m - загальний шар припливу води зі схилів до руслової мережі;

t_p - тривалість руслового добігання;

φ - коефіцієнт діючого шару стоку:

- при $t_p < T_0$

$$\varphi = 11 \frac{t_p}{T_0} \left[1 - 0,91 \left(\frac{t_p}{T_0} \right)^{0,1} \right]; \quad (2.15)$$

- при $t_p \geq T_0$

$$\varphi = 1; \quad (2.16)$$

K_r - гідрографічний коефіцієнт:

- при $(t_p / T_0 < 1,0)$

$$K_{r_1} = [1 - 0,86(t_p/T_0)^{0,1}] / [1 - 0,91(t_p/T_0)^{0,1}]; \quad (2.17)$$

- при $(t_p/T_0 > 1,0)$

$$K_{r_2} = 2 - 0,52 \frac{T_0}{t_p}; \quad (2.18)$$

ε'_n - коефіцієнт русло-заплавного регулювання паводків;

λ_p - коефіцієнт забезпеченості;

q_{δ} - модуль базисного стоку

$$q_{\delta} = a_m (H_{сер} - H_0) F^{m_2}; \quad (2.19)$$

$H_{сер}$ - середня висота водозбору; H_0 - нижня границя висоти для розрахунку Q_{δ} .

Значення a_m та H_0 табульовані у межах окремих водозборів. Що стосується m_2 , то він дорівнює 0,82 для річок північно-західного схилу, для північно-східного – 0,57, а для Південного берега Криму - він становить 1,15;

δ - коефіцієнт зарегулювання максимального стоку, який пропонується встановлювати за СНиП 2.01.14-83 [5].

Для степової частини Криму також рекомендований вираз (2.14), при умові, що $q_{\delta} = 0$. Принциповою є й методика визначення шарів стоку Y_m при відсутності спостережень за стоком, а саме:

$$Y_m = H_m * \eta_{B3}, \quad (2.20)$$

де H_m - добовий шар опадів 1%-ої забезпеченості, який для степового Криму становить 102 мм;

η_{B3} - середній зважений коефіцієнт зливого стоку з урахуванням характеру підстильної поверхні.

У СНиП 2.01.14-83 параметр η виражений структурою граничної інтенсивності:

$$\eta = \frac{C_2 \eta_0}{(F + 1)^{\eta_3}} \left(\frac{I_B}{50} \right)^{\eta_2}, \quad (2.21)$$

де C_2 - емпіричний коефіцієнт, який приймається на рівні 1,3;

η_0 - збірний коефіцієнт стоку для водозборів з площею F , рівною 10 км² і середнім ухилом, рівним 50‰;

η_3 - для степової зони приймається рівним 0,11.

3 Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку паводків теплого періоду на річках північно-західного схилу Кримських гір

3.1 Критерії однорідності часових рядів

У випадках, коли у розпорядженні дослідника є порівняно короткі ряди спостережень, найчастіше використовується критерій Стьюдента. Але за його допомогою оцінюється однорідність рядів, котрі характеризуються досить близькими значеннями дисперсій. Сам же критерій записується вигляді [11]

$$t = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (3.1)$$

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

Критерій t підкоряється розподілу Стьюдента з числом степенів вільності $k = n_x + n_y - 2$. За нульову гіпотезу приймається умова, що $\bar{y} = \bar{x}$. Критична область статистики Стьюдента 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 [12]

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (3.2)$$

де σ_x^2 і σ_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 [13] 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. Формально критерій Зігеля-Тьюка дозволяє перевірити ту ж нульову гіпотезу: дві незалежні вибірки відносяться до однієї і тієї ж генеральної сукупності. Однак цей критерій є більш чутливим саме до розбіжності дисперсій вибірок.

Критерій Зігеля-Тьюка відноситься до категорії непараметричних критеріїв, так як розподіл його тестової статистики не залежить від типу розподілу вихідних вибірок [13].

3.2 Аналіз однорідності і циклічності в рядах дощових паводків

Для аналізу були залучені дані постів більше 40 років, а результати наведені в табл.3.1 та 3.2.

Аналізуючи отримані результати по оцінці однорідності, слід відмітити, що характеристики максимального стоку дощових паводків теплового періоду для річок північно-західного схилу однорідні у часі.

Таблиця 3.1 - Оцінка однорідності часових рядів максимальних витрат води

Річка-пост	п, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			F	$F_{кр}$		t	$t_{кр}$			
Альма – Кримдержзаповідник	41	1%	1,33	3,92	так	0,18	2,74	так	так	так
		5%		2,74	так		2,04	так	так	так
Кача- с.Баштанівка	43	1%	3,32	3,68	так	0,08	2,72	так	так	так
		5%		2,62	ні		2,03	так	так	так
Кача- с.Комсомольське	57	1%	6,97	2,81	ні	0,71	2,67	так	так	так
		5%		2,17	ні		2,01	так	так	так
Бельбек- с.мт.Куйбишеве	77	1%	1,18	2,51	так	0,34	2,65	так	так	так
		5%		2,00	так		1,997	так	так	так
Бельбек- с.Фруктове	71	1%	5,06	2,58	ні	1,47	2,66	так	так	так
		5%		2,04	ні		1,99	так	так	так
Біюк-Узеньбаш- с.Щасливе	51	1%	2,02	2,94	так	0,6	2,68	так	так	так
		5%		2,25	так		2,01	так	так	так
Чорна- с.Родниківське	72	1%	1,12	2,54	так	0,13	2,65	так	так	так
		5%		2,02	так		1,998	так	так	так
Кокозка-с.Аромат	40	1%	4,99	4,16	ні	1,14	2,75	так	так	так
		5%		2,86	ні		2,04	так	так	так
Кучук-Узеньбаш- с.Многоріччя	46	1%	1,24	3,45	так	0,31	2,71	так	так	так
		5%		2,51	так		2,02	так	так	так
притока Кучук- Узеньбаш	46	1%	1,98	3,45	так	1,21	2,71	так	так	так
		5%		2,51	так		2,02	так	так	так
		5%		2,74	так		2,04	так	ні	так

Таблиця 3.2 -Оцінка однорідності часових рядів шарів стоку

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			F	$F_{кр}$		t	$t_{кр}$			
Альма– Кримдержзаповідник	41	1%	1,6	3,92	так	1,56	2,74	так	так	так
		5%		2,74	так		2,04	так	так	так
Кача- с.Баштанівка	43	1%	1,86	3,68	так	0,15	2,72	так	так	так
		5%		2,62	так		2,03	так	так	так
Кача- с.Комсомольське	60	1%	2,16	2,81	так	0,41	2,67	так	так	так
		5%		2,17	так		2,01	так	так	так
Бельбек- сmt.Куйбишеве	76	1%	1,69	2,51	так	0,31	2,65	так	так	так
		5%		2,001	так		1,99	так	так	так
Бельбек- с.Фруктове	70	1%	1,043	2,61	так	1,17	2,66	так	так	так
		5%		2,06	так		2	так	так	так
Біюк-Узеньбаш- с.Щасливе	51	1%	3,77	2,94	ні	1,2	2,68	так	так	так
		5%		2,25	ні		2	так	так	так
Чорна- с.Родниківське	74	1%	1,42	2,58	так	0,39	2,66	так	так	так
		5%		2,04	так		1,99	так	так	так
Кокозка-с.Аромат	40	1%	1,55	4,16	так	0,36	2,75	так	так	так
		5%		2,86	так		2,04	так	так	так
Кучук-Узеньбаш- с.Многоріччя	46	1%	1,5	3,45	так	0,8	2,71	так	так	так
		5%		2,51	так		2,02	так	так	так

3.3 Розрахунки статистичних параметрів за методом 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):

$$m_x = \sum_{i=1}^n p_i x_i \quad (3.3)$$

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

$$m_x = \frac{x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i p_i}{\sum_{i=1}^N p_i}, \quad (3.4)$$

де $\sum_{i=1}^N p_i = 1$.

У гідрологічній практиці використовуються моменти трьох видів: початкові α , центральні μ та абсолютні γ , причому

$$\alpha_S = \sum_{i=1}^N x_i^S p_i; \quad (3.5)$$

$$\mu_S = \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^S p_i; \quad (3.6)$$

$$\gamma_S = \sum_{i=1}^N |(x_i - m_x)|^S p_i, \quad (3.7)$$

де S – порядок моменту.

Перший початковий момент α_i дорівнює математичному сподіванню m_x . Серед центральних найбільше застосування у статистиці знайшли моменти μ_2 , μ_3 , μ_4 та їх безрозмірні характеристики. Вони мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

$$C_v = \frac{\sqrt{\mu_2}}{m_x} \text{ або } C_v = \frac{\sigma_x}{m_x}; \quad (3.8)$$

- коефіцієнт асиметрії

$$C_s = \frac{\mu_3}{\sigma_x^3}; \quad (3.9)$$

- ексцес

$$E = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4}. \quad (3.10)$$

Перший абсолютний момент γ_1 визначає середнє арифметичне відхилення

$$\gamma_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - m_x|. \quad (3.11)$$

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

Другий центральний момент μ_2 або дисперсія σ_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 σ_x . Стандарт, представлений у безрозмірному вигляді (3.8), називається коефіцієнтом варіації.

Третій центральний момент μ_3 характеризує ступінь асиметрії розподілу випадкових величин відносно математичного сподівання. Якщо розподіл випадкової величини симетричний відносно m_x , то μ_3 дорівнює нулю. Безрозмірна характеристика асиметрії (3.9) називається коефіцієнтом асиметрії.

Четвертий центральний момент μ_4 використовується для характеристики так званої «крутості», тобто гостровершинності кривих розподілу. Ця властивість розподілу описується за допомогою так званого ексцесу (3.10) [12].

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

$$Cv = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n}} \quad (3.12)$$

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{nCv^3}, \quad (3.13)$$

де $k_i = \frac{x_i}{\bar{x}}$.

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього та більш вищих порядків не відповідають вимогам незміщеності [11]. Для уникнення цього у формули вводяться поправочні коефіцієнти:

- для другого центрального моменту

$$\delta = \frac{n}{n-1}; \quad (3.14)$$

- для третього

$$\delta = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)}. \quad (3.15)$$

В результаті розрахунків формули мають такий вигляд:

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

або

$$C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^2}{n-1}}; \quad (3.17)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma_x^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)} \quad (3.18)$$

або

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^3}{C_v^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)}. \quad (3.19)$$

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.

3.4 Розрахунки статистичних параметрів за методом 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 θ має такий вигляд:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta), \dots, f(x_n, \theta). \quad (3.20)$$

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

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = 0. \quad (3.21)$$

З ціллю спрощення розрахунків функцій правдоподібності її логарифмують і розглядають рівняння

$$\frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{\partial \ln L}{\partial \theta}. \quad (3.22)$$

Таким чином, якщо для деякого параметра θ 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.Блохін [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:

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.23)$$

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} \quad (3.24)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\bar{x}} \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} \quad (3.25)$$

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

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

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1} \quad (3.26)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1} \quad (3.27)$$

3.5 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води

Відповідно до рекомендацій СНиП 2.01.14-83 [5], статистична обробка рядів максимальних витрат води здійснюється з використання кривих біноміального й трипараметричного гама-розподілу.

Статистичні параметри емпіричних рядів максимальних витрат води обчислені методами моментів і найбільшої правдоподібності. За розрахунковий взято період з початку спостережень за стоком на річках по 2010 р.

Результати статистичної обробки максимальних витрат води наведені в таблиці 3.3. Значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,39 (притока р.Кучук-Узеньбаш) до 1,91 (р.Байдарка-с.Орлине), а C_v , розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,39 (притока р.Кучук-Узеньбаш) до 2,03 (р.Байдарка-с.Орлине).

Оскільки в нормативному документі [5] при значеннях $C_v > 0,5$ рекомендовано використовувати метод найбільшої правдоподібності, то в подальших розрахунках йому також було віддано перевагу, причому в усьому діапазоні C_v .

Значення коефіцієнтів асиметрії максимальних витрат води C_s змінюється від 0,28 (притока р.Кучук-Узеньбаш) до 12,64 (р.Кача-

с.Суворове), співвідношення C_s/C_v за результатами використання методу найбільшої правдоподібності можна осереднити і прийняти на рівні 3,0.

Таблиця 3.3 - Статистичні параметри часових рядів максимальних витрат води дощових паводків

№ з/п	Річка-Пост	$F, \text{км}^2$	$\bar{Q}_m, \text{м}^3/\text{с}$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
				C_v	C_s	C_s/C_v	C_v	C_s	C_s/C_v
1	р.Альма – Кримдержзаповідник	39,7	8,37	0,89	1,93	2,20	0,91	2,47	2,70
2	р.Альма - с.Карагач	249,0	25,95	0,64	1,13	1,80	0,67	1,60	2,40
3	р.Альма-с.Красноармійське	607,0	22,65	1,06	2,54	2,40	1,12	4,38	3,90
4	р.Альма-вище вдсх.Партизанське	184,0	27,43	1,36	2,95	2,20	1,41	4,47	3,20
5	р.Альма-сmt Почтове	374,0	29,40	0,68	1,11	1,60	0,75	2,09	2,80
6	Кача- с.Загірське	110,0	18,39	0,85	1,43	1,70	0,87	1,97	2,30
7	р.Кача- с.Баштанівка	321,0	37,86	0,97	2,57	2,60	1,03	3,58	3,50
8	р.Кача- с.Суворове	525,0	26,76	2,20	6,47	2,90	2,63	12,64	4,80
9	р.Бельбек- с.Щастливе	44,0	7,68	0,57	1,22	2,20	0,57	1,56	2,70
10	р.Бельбек- сmt Куйбишеве	270,0	48,82	1,05	2,48	2,40	1,06	3,00	2,80
11	р.Бельбек- с.Фруктове	493,0	39,44	1,37	5,09	3,70	1,54	8,10	5,20
12	р.Біюк-Узеньбаш-с.Щастливе	6,6	2,71	0,53	0,89	1,70	0,53	0,95	1,80
13	р.Кокозка-с.Аромат	83,6	20,36	0,87	1,70	1,90	0,88	2,09	2,40
14	р.Чорна-с.Родниковске	47,6	22,27	0,97	2,92	3,00	1,00	3,75	3,80
15	р.Чорна-у гори Кізіл-Кая	197,0	24,38	1,16	3,33	2,90	1,28	5,44	4,30
16	р.Чорна-с.Чернореченске	342,0	22,09	1,08	2,11	2,00	1,12	3,20	2,90
17	р.Байдарка-с.Орлине	4,5	1,23	1,91	4,24	2,20	2,03	7,71	3,80
18	р.Манаготра-с.Щастливе	5,1	3,14	0,94	1,06	1,10	0,97	1,29	1,30
19	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10,0	2,19	1,11	3,23	2,90	1,19	4,83	4,10
20	притока Кучук-Узеньбаш	2,5	1,20	0,39	0,24	0,60	0,39	0,28	0,70

Розрахунок максимальних витрат води заданої ймовірності перевищення. При відомих значеннях статистичних параметрів витрати води заданої забезпеченості при використанні біноміальної кривої розподілу визначаються за формулою:

$$Q_p = Q_m [1 + C_v \Phi(P, C_v)] \quad (3.28)$$

Нормовані ординати розподілу Пірсона III типу приведені в [12]. Відповідно для трипараметричного гама-розподілу:

$$Q_p = k_p \bar{Q}_m, \quad (3.29)$$

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

За формулою (3.29) розраховуються максимальні витрати води паводків теплового періоду заданої забезпеченості Отримані результати представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Максимальні витрати води дощових паводків теплового періоду різної забезпеченості при $C_s=3C_v$

Річка-Пост	$Q_{1\%}$ м ³ /с	$Q_{3\%}$ м ³ /с	$Q_{5\%}$ м ³ /с	$Q_{10\%}$ м ³ /с
р.Альма – Кримдержзаповідник	37,30	27,12	22,77	17,33
р.Альма - с.Карагач	87,44	67,18	59,14	47,73
р.Альма-с.Красноармійське	122,81	79,73	65,91	47,11
р.Альма-вище вдсх.Партизанське	187,46	123,16	97,38	66,65
р.Альма-сmt Почтове	109,66	82,90	71,44	56,45
Кача- с.Загірське	78,62	57,56	48,73	37,33
р.Кача- с.Баштанівка	189,60	134,40	110,93	82,16
р.Кача- с.Суворове	255,05	152,55	114,01	70,12
р.Бельбек- с.Щастливе	22,64	18,06	15,98	13,29
р.Бельбек- сmt Куйбишеве	251,41	177,20	145,47	107,40
р.Бельбек- с.Фруктове	291,87	187,74	146,72	9831
р.Біюк-Узеньбаш-с.Щастливе	7,55	6,11	5,46	4,56
р.Кокозка-с.Аромат	87,96	64,34	54,16	41,53

Продовження табл.3.4

Річка-Пост	$Q_{1\%}$, м ³ /с	$Q_{3\%}$, м ³ /с	$Q_{5\%}$, м ³ /с	$Q_{10\%}$, м ³ /с
р.Чорна-с.Родниковске	108,47	77,29	64,15	47,89
р.Чорна-у гори Кізіл-Кая	150,39	101,40	81,41	5738
р.Чорна-с.Чернореченске	119,68	83,47	68,01	49,46
р.Байдарка-с.Орлине	11,75	7,03	5,25	3,23
р.Манаготра-с.Щастливе	16,30	11,73	9,69	736
Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	13,22	8,96	7,23	5,11
притока Кучук-Узеньбаш	2,66	2,25	307	1,81

3.6 Статистична обробка часових рядів шарів стоку дощових паводків

Статистична обробка часових рядів шарів стоку дощових паводків на річках Гірського Криму виконана тими ж методами, що раніше використовувалися під час розгляду максимальних витрат води, тобто методами моментів і найбільшої правдоподібності.

Результати статистичної обробки часових рядів шарів стоку дощових паводків наведені в таблиці 3.5.

Коефіцієнти варіації шарів стоку дощових паводків досліджуваних річок у методі найбільшої правдоподібності коливаються в межах від 0,60 (р.Альма - с.Карагач) до 1,41 (Кача- с.Загірське). Коефіцієнти асиметрії шарів стоку дощових паводків C_s знаходяться в межах від 0,48 (р.Альма - с.Карагач) до 4,98 (Кача- с.Загірське).

У подальших розрахунках прийняті параметри статистичного розподілу, отримані методом найбільшої правдоподібності, а співвідношення C_s / C_v осереднене на рівні 2,0.

При відомих значеннях статистичних параметрів шар стоку заданої забезпеченості при використанні біноміальної кривої розподілу визначається за формулою:

$$Y_p = \bar{Y}_m [1 + C_v \Phi(P, C_s)] \quad (3.30)$$

Відповідно для трипараметричного гама-розподілу:

$$Y_p = k_p \bar{Y}_m, \quad (3.31)$$

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

Таблиця 3.5 - Статистичні параметри часових рядів шарів стоку дощових паводків теплого періоду

№ з/п	Річка-Пост	F , км ²	\bar{Y} , мм	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
				C_v	C_s	C_v	C_s	C_v	C_s
1	р.Альма – Кримдержзаповідник	39,70	46,53	0,61	0,87	1,40	0,61	0,94	1,50
2	р.Альма - с.Карагач	249,00	12,82	0,59	0,40	0,70	0,60	0,48	0,80
3	р.Альма-с.Красноармійське	607,00	6,20	0,89	1,49	1,70	0,91	1,96	2,10
4	р.Альма-вище вдсх.Партизанське	184,00	24,38	0,93	1,70	1,80	0,96	2,19	2,30
5	р.Альма-сmt Почтове	374,00	12,74	1,02	0,85	0,80	1,19	1,42	1,20
6	Кача- с.Загірське	110,00	26,13	1,32	2,66	2,00	1,41	4,98	3,50
7	р.Кача- с.Баштанівка	321,00	14,56	1,21	2,17	1,80	1,24	2,84	2,30
8	р.Кача- с.Суворове	525,00	7,99	0,96	1,92	2,00	0,97	2,27	2,30
9	р.Бельбек- с.Щастливе	44,00	48,75	1,09	2,12	2,00	1,13	3,32	2,90
10	р.Бельбек- сmt Куйбишеве	270,00	19,49	1,09	2,06	1,90	1,10	2,40	2,20
11	р.Бельбек- с.Фруктове	493,00	14,03	0,93	1,41	1,50	0,94	1,54	1,60
12	р.Бюок-Узеньбаш-с.Щастливе	6,55	105,18	0,81	2,02	2,50	0,83	2,50	3,00
13	р.Кокозка-с.Аромат	83,60	39,17	0,90	1,45	1,60	0,91	1,71	1,90
14	р.Чорна-с.Родниковске	47,60	115,24	0,90	2,07	2,40	0,87	2,42	2,80
15	р.Чорна-у гори Кізіл-Кая	197,00	94,40	0,99	2,76	2,80	1,06	4,09	3,80
16	р.Чорна-с.Чернореченске	342,00	18,47	0,97	1,40	1,40	1,00	1,81	1,80
17	р.Байдарка-с.Орлине	4,50	17,78	0,94	2,06	2,20	0,95	2,74	2,90
18	р.Манаготра-с.Щастливе	5,06	28,10	1,05	1,17	1,10	1,09	1,46	1,30
19	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10,00	52,10	0,69	0,92	1,30	0,69	0,99	1,40
20	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	298,55	0,78	0,69	0,90	0,91	1,11	1,20

За формулою (3.31) розраховуються шари стоку заданої забезпеченості
Отримані результати представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 Максимальні шари стоку дощових паводків теплого
періоду різної забезпеченості при $C_s=2,0C_v$

№з/п	Річка-Пост	$Y_{1\%}$ мм	$Y_{3\%}$ мм	$Y_{5\%}$ мм	$Y_{10\%}$ мм
1	р.Альма – Кримдержзаповідник	145	116	103	85
2	р.Альма - с.Карагач	40	32	28	23
3	р.Альма-с.Красноармійське	27	20	17	13
4	р.Альма-вище вдсх.Партизанське	110	81	69	52
5	р.Альма-сміт Почтове	74	52	43	31
6	Кача- с.Загірське	181	122	97	67
7	р.Кача- с.Баштанівка	87	61	50	35
8	р.Кача- с.Суворове	37	28	23	18
9	р.Бельбек- с.Щастливе	226	161	132	97
10	р.Бельбек- смт Куйбишеве	106	76	63	46
11	р.Бельбек- с.Фруктове	64	47	40	30
12	р.Біюк-Узеньбаш-с.Щастливе	435	328	280	218
13	р.Кокозка-с.Аромат	176	131	112	86
14	р.Чорна-с.Родниковске	482	362	309	240
15	р.Чорна-у гори Кізіл-Кая	510	363	300	220
16	р.Чорна-с.Чернореченске	90	66	55	41
17	р.Байдарка-с.Орлине	82	60	51	39
18	р.Манаготра-с.Щастливе	149	106	88	65
19	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	178	140	122	99
20	притока Кучук-Узеньбаш	1238	933	798	622

Шари стоку 1% - ої забезпеченості дощових паводків коливаються від 37 мм (р.Кача- с.Суворове) до 1238 мм (притока р.Кучук - Узеньбаш).

Такий значний діапазон змін величин шарів паводків обумовлений складним поєднанням факторів, під впливом яких він формується, зокрема висотної і широтної зональності, а також карсту.

3.7 Просторове узагальнення шарів паводочного стоку для річок північно-західного схилу Кримських гір

Максимальний стік виникає під впливом досить великого числа факторів, причому із зміною умов часто змінюється і характер цього впливу, іноді навіть його напрямок. Всі фактори стоку можна розбити на три великі групи:

1. Фактори зональні, величина яких визначається повністю географічними координатами басейну. Ці фактори називаються також кліматичними.

2. Фактори азональні. Їх величини зовсім не пов'язані з географічним положенням басейнів. Сюди відносяться такі фактори, як площа басейну, довжина і звивистість головного русла та інші характеристики розмірів басейну.

3. Фактори інтразональні. Сюди відносяться такі фактори, як лісистість, ґрунтовий покрив, сільськогосподарське використання земель, заболоченість, густота річкової мережі та ін. Азональні й інтразональні фактори можна об'єднати поняттям «басейнові».

Багато з факторів стоку є складною сукупністю природних умов, що надає множинних впливів на процеси розвитку стоку. У подібних випадках дуже велике значення набуває правильний вибір так званих індексів зазначених факторів, тобто, величин, найбільш повно, хоча іноді й опосередковано, характеризують зазначену сукупність.

Враховуючи, що характеристики стоку в горах, на відміну від рівнинних територій, підкоряються не географічній зональності, а висотній поясності, була побудована залежність $Y_{1\%}$ від середньої висоти водозбору $H_{сер}$ (рис.3.1).

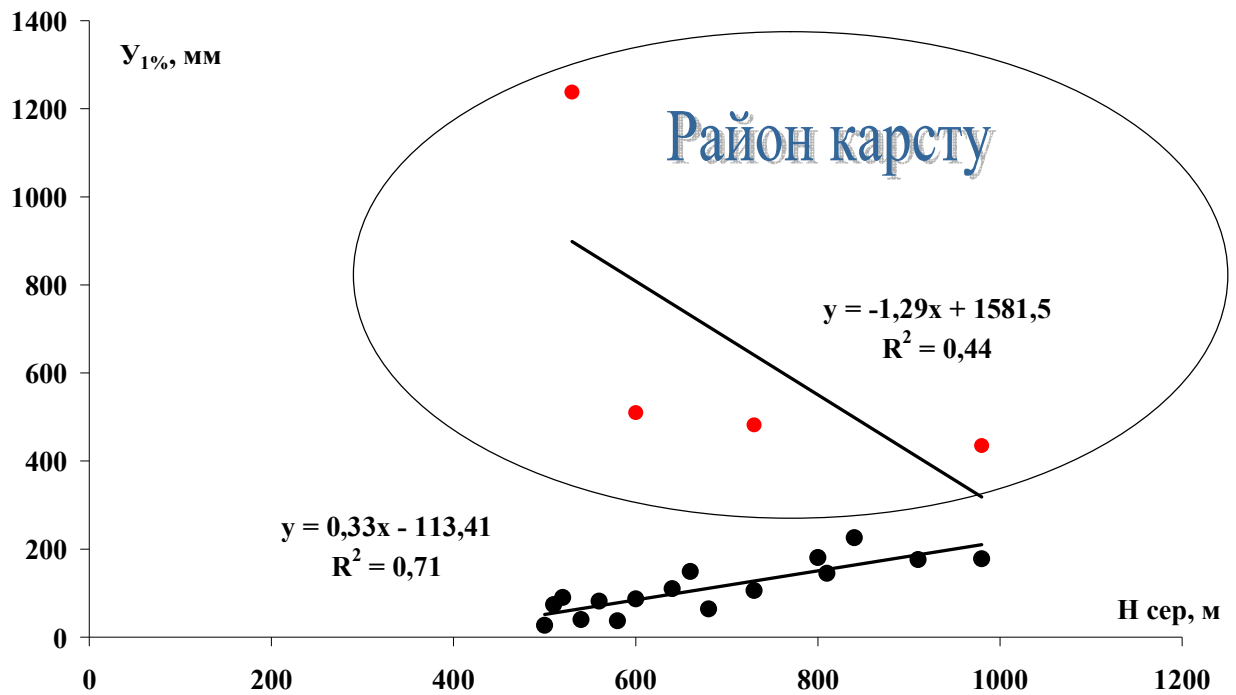


Рисунок 3.1 - Залежність шарів стоку дощових паводків $Y_{1\%}$ від середньої висоти водозборів $H_{сер}$

Як видно з рисунку 3.1 для річок північно-західного схилу Кримських гір виділяються два райони. Для більшої частини річок рівняння має вигляд:

$$Y_{1\%} = 0.33 H_{сер} - 113.41. \quad (3.32)$$

А для району карсту (р.Біюк-Узеньбаш-с.Щастливе, р.Чорна-с.Родниковске, р.Чорна-у гори Кізіл-Кая, притока Кучук-Узеньбаш):

$$Y_{1\%} = -1.29 H_{сер} + 1581.5, \quad (3.33)$$

де $H_{сер}$ – середня висота водозбору (в діапазоні від 500 м до 1000 м).

В результаті, можна зробити висновок, що основними чинниками, які істотно впливають на шари стоку дощових паводків є середня висота водозборів та карст.

Висновки

Проблема розрахунку максимального стоку дощових паводків є однією з найважливіших як в практичному, так і науковому відношенні. Практичне значення її полягає в надійному обґрунтуванні розмірів отворів гідротехнічних споруд, що зводяться на річках, оцінці можливих зон затоплення при проходженні паводків або весняних повеней різної вірогідності перевищення і ін.

1. В бакалаврській кваліфікаційній роботі досліджуються водозбори річок північно-західного схилу Кримських гір, які включають в себе 20 гідрологічних постів.

2. Статистична обробка рядів максимальних витрат води та шарів стоку у відповідності з рекомендацією СНиП 2.01.14-83, виконувалася з використанням кривих біноміального і трипараметричного гамма-розподілу по методах моментів та найбільшої правдоподібності.

3. В результаті статистичної обробки отримані основні характеристики рядів, а також розраховані витрати води та шари стоку дощових паводків теплового періоду різної забезпеченості (1, 3, 5, 10%).

4. Узагальнені за територією шари 1%-ої забезпеченості для річок північно-західного схилу Кримських гір та виділені 2 райони.

5. Основними чинниками, які істотно впливають на шари стоку дощових паводків є середня висота водозборів та карст.

У подальшому планується продовжити бакалаврську роботу для розробки регіональної методики розрахунку максимального стоку дощових паводків теплового періоду для невивчених у гідрологічному відношенні річок північно-західного схилу Кримських гір.

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. / Крым. Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. Т. 6. вып. 4. 848 с.
2. Атлас України. Інститут географії Національної академії наук України, 1999-2000, електронний ресурс.
3. Гопченко, Є. Д., ed. (2018) Екстремальні гідрологічні явища: паводки і посухи на території гірських регіонів України: монографія. Одеський державний екологічний університет, Одеса "ТЕС".
4. Чуринов М.В. О карсте Горного Крыма // Сб. работ Региональное карстование. – Москва: Изд. АН СССР. 1961. С.45-64.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 447 с.
6. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. Москва, 2004. 72 с.
7. Вишневський П.Ф. Зливи і зливовий стік на Україні / Київ: Наукова думка, 1964. 230 с.
8. Гопченко Е.Д., Скорик А.Л. Расчет продолжительности притока воды со склонов в русловую сеть горных рек Крыма // Метеорология, климатология и гидрология. 1995. Вып. 32. С.172-178.
9. Гопченко Е.Д., Скорик А.Л. Методика расчета максимальных модулей паводочного стока на реках степного Крыма // Метеорология, климатология и гидрология. 1996. Вып. 33. С. 130-135.
10. Гопченко Е.Д., Скорик А.Л. Расчетный слой паводочного стока в теплую часть года на реках Горного Крыма // Метеорология, климатология и гидрология. 1997. Вып. 34. С. 209-214.
11. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии / Л.: Гидрометеиздат, 1974. 423с.

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

13. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / Санкт-Петербург: ГГИ, 2007. 278 с.

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

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