

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Регіональна методика визначення меженного стоку річок
північно-західного схилу Кримських Гір

Виконав студент групи ГО-41
спеціальності 103 Науки про Землю
Закатей Богдан Анатолійович

Керівник канд. геогр. наук, ст. викладач
Погорелова Марина Полікарпівна

Консультант _____

Рецензент канд. геогр. наук, доц.
Романчук Марина Євгенівна

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)
Освітня програма Гідрометеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри гідрології суші
Шакірманова Ж.Р.
“ 05 ” травня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту(ці) Закатею Богдану Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Регіональна методика визначення меженного стоку річок північно-західного схилу Кримських Гір

керівник роботи Погорелова Марина Полікарпівна, канд. геогр. наук, ст. викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від «18» грудня 2020 року №254 «С», «05» травня 2021 р. №61 «С»

2. Строк подання студентом роботи 31.05.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи гідрографічні характеристики водозборів річки; дані гідрометеорологічних спостережень за мінімальні витрати води за літньо-осінній період.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Умови формування меженного стоку на річках північно-західного схилу Кримських Гір; 2. Оцінка статистичних параметрів меженного стоку на річках північно-західного схилу Кримських Гір 3. Розробка методики нормування характеристик мінімального стоку на річках північно-західного схилу Кримських Гір

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Карто-схеми географічного положення, ґрунтів, рослинності; розташування гідрологічних постів на території Кримських Гір; карта ізоліній модулів мінімального стоку 80 % забезпеченості літньо-осіннього періоду.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 05.05.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ	05.05.- 06.05.2021	80	добре
2	Коротка фізико-географічна характеристика для річок північно-західного схилу кримських гір	06.05.- 08.05.2021	84	добре
3	Оцінка однорідності вихідної інформації по меженному стоку річок північно-західного схилу Кримських Гір	08.05.- 09.05.2021	80	добре
4	Методи статистичної обробки гідрометеорологічної інформації	09.05.- 10.05.2021	76	добре
	Рубіжна атестація	11.05- 15.05.2021	ат.	50%
5	Статистична обробка вихідної інформації по мінімальному стоку та просторово-часове узагальнення статистичних параметрів часових рядів на річках північно-західного схилу Кримських Гір	15.05.- 20.05.2021	82	добре
6	Регіональна методика визначення меженного стоку річок північно-західного схилу Кримських Гір	20.05.- 30.05.2021	76	добре
	Перевірка роботи на плагіат	01.06- 02.06.2021		
	Підготовка доповіді, презентації	01.06- 14.06.2021		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		80	добре

Студент _____
(підпис)

Закатсїй Б.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Погорелова М.П.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
1. Коротка фізико-географічна характеристика для річок північно-західного схилу Кримських гір.....	6
1.1 Географічне положення, рельєф.....	6
1.2 Ґрунти та рослинність.....	7
1.3 Кліматична характеристика	9
1.4 Гідрологічна вивченість та особливості режиму стоку річок.....	10
1.5. Водний режим.....	11
2. Оцінка однорідності вихідної інформації по меженному стоку.....	14
3.Методи статистичної обробки гідрометеорологічної інформації.....	17
3.1 Тренди та циклічність в гідрологічних рядах	17
3.2 Визначення статистичних параметрів часових рядів	20
3.3 Оцінка точності вихідної інформації.....	24
3.4 Дослідження трендів та циклічності у рядах мінімальних витрат води на річках північно-західного схилу Кримських Гір.....	25
3.5 Статистична обробка вихідної інформації по мінімальному стоку та просторово-часове узагальнення статистичних параметрів часових рядів на річках північно-західного схилу Кримських Гір...	29
4.Регіональна методика визначення меженного стоку річок північно-західного схилу Кримських Гір.....	31
Висновки.....	37
Перелік джерел посилання	39

ВСТУП

Після проходження весняного або весняно-літнього водопілля формується мінімальний стік, за рахунок ґрунтового живлення. Для режиму річок характерна наявність двох періодів низького стоку зимової та літньо-осінньої межени. Але для річок північно-західного схилу Кримських гір не існує даного розподілу.

Актуальність теми. Проблема розрахунку мінімального стоку є дуже важливою як в практичному, так і в науковому відношенні. Практичне значення виконаних досліджень складається в надійному обґрунтуванні розмірів гідротехнічних споруд на річках при їх проектуванні, що дозволить раціональніше використовувати водні ресурси регіону та запобігти їх виснаженню.

Мета і завдання є дослідження умов формування мінімального стоку для річок північно-західного схилу Кримських Гір . Оцінка однорідності вихідної інформації та статистична обробка часових рядів, обґрунтування регіональної методики визначення меженого стоку річок північно-західного схилу Кримських Гір.

Об'єкт дослідження – межений стік річок північно-західного схилу Кримських гір, з початку спостережень по 2010 рік.

Проект складається з чотирьох розділів. У першому розділі наведений опис фізико-географічного положення річок північно-західного схилу Кримських Гір, у другому представлена оцінка однорідності вихідної інформації по меженому стоку. Третій розділ включає методи статистичної обробки гідрометеорологічної інформації. Четвертий розділ - опис регіональної методики визначення меженого стоку річок північно-західного схилу Кримських Гір.

1. КОРОТКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЛЯ РІЧОК 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)

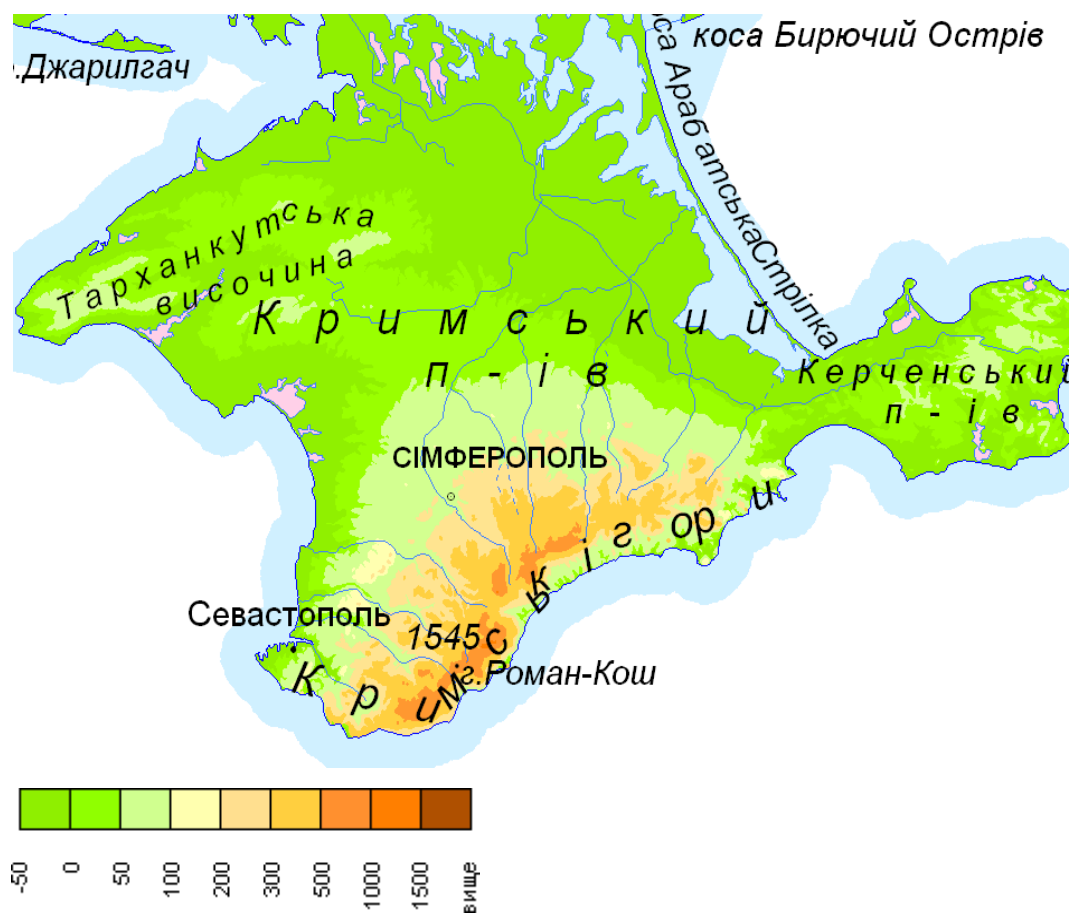


Рисунок 1.1 - Карта-схема географічного положення Криму [2]

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 промові альні 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, підчас 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 при піднятті обриви - куести Внутрішньої гряди.

1.2 Ґрунти та рослинність

Північно-західний схил Кримських гір охоплює такі ґрунти, як перегородні та горні чорноземні, сірі чорно земноводні 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) .



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

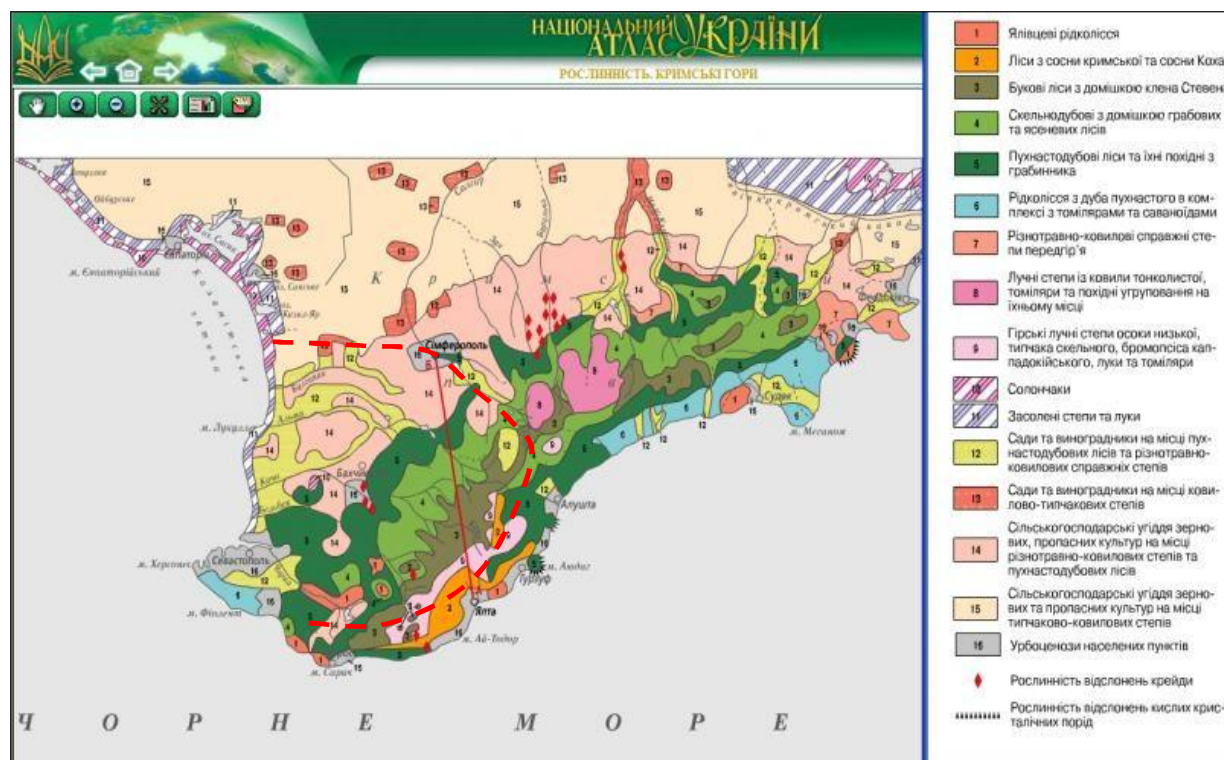


Рисунок 1.3 – Рослинний покрив північно-західного схилу Кримських гір [2]

1.3 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°C, а на крайньому півдні, в районі м. Севастополя, досягає 2-3°C. Влітку температура повітря перевищує 20°C. 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°C. 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°C-32°C, значно вище мінімуми південного берега, але і тут в окремі дні температура знижувалась до -14°C-17°C, такі дні спостерігались один раз за 70 років.

Абсолютні максимуми коливались від 21°C до 39°C. В північно-західній та центральній частини перехід через 0°C 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].

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).

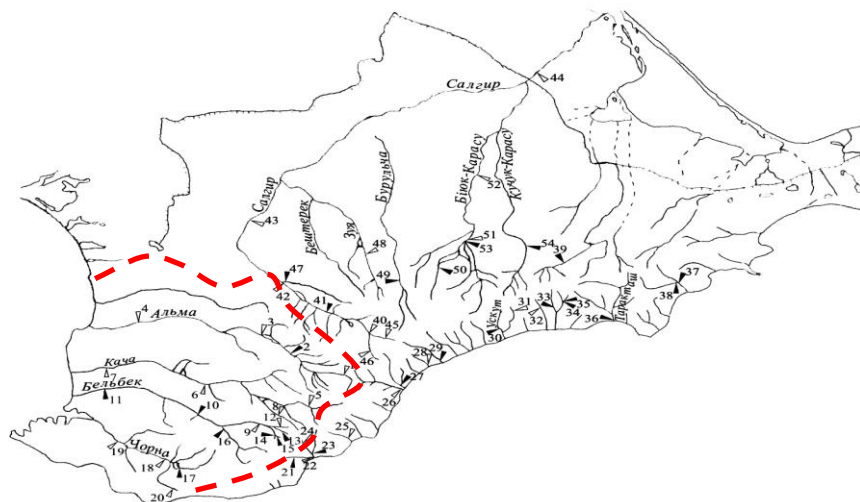


Рисунок 1.4 - Карта-схема розміщення гідрологічних постів

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 протягом 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.

1.5. Водний режим

Річки Криму відповідно до їх географічного положення і умов живлення поділяють на три райони:

1) річки західної частини півострова, що беруть початок на північних і північно-західних схилах гір;

2) річки південного схилу;

3) річки північної частини, що беруть початок з північних і північно-східних схилах гір.

Це районування прийнято при дослідженні меженного стоку. Межень на річках настає при переході їх на підземне живлення. Для кримських річок, зважаючи на їх особливості умов формування стоку, і в зв'язку з тим, що літня межень звичайно переходить в осінньо-зимову, продовжуючись у окремі роки по грудень-січень, загальноприйнятий поділ межені на літню і зимову не застосовується. Більш прийнятним є розподіл її на меженний період відкритого русла і меженний період з льодовими явищами. Межі цих періодів з року в рік змінюються в значних межах.

За період межені з льодовими явищами приймаємо період з стійкими протягом тривалого часу (не менше 20 днів) льодовими утвореннями. Цей період на річках відмічається не щороку. Характеризується він дещо підвищеними витратами в порівнянні з витратами періоду відкритого русла, що спостерігається щорічно на всіх річках.

Аналіз гідрографів, які наведені в [1] показав, що в залежності від кліматичних, геологічних та гідрогеологічних умов окремих частин досліджуваного району спостерігається різний хід стоку в межень.

Гірські ділянки (верхів'я) основних річок західного і північного районів, на живлення яких сильно впливає карст, характеризуються поступовим спадом витрат води в межень; мінімальні витрати спостерігаються в серпні-вересні, що пов'язано з виснаженням до цього часу запасів підземних вод. Під час межені спостерігаються паводки, стік яких зазвичай не перевищує 10-15% обсягу стоку за період від початку межені до кінця цього паводку, що дає підставу, приймати таку межень за безперервну. Як правило, початок межені в цьому районі спостерігається в липні, що обумовлено припиненням до цього часу живлення річок за рахунок припливу

талих вод, кінець - в листопаді коли починається період випадання рясних опадів.

Середня та нижня течії основних річок західного і північного районів, а також їх притоки, майже позбавлені карстового живлення, їх русла характеризуються наявністю алювіальних відкладень, вони протікають по території, де випадають незначні опади і спостерігається велике випаровування, характеризуються низькою меженню, що переривається окремими дощовими паводками. Початок межені відноситься в середній течії до липня, нижньому до червня, кінець - до листопада-грудня. Більш ранній початок межені в нижній течії в порівнянні з верхніми ділянками річок пояснюється, крім кліматичних гідрогеологічних особливостей, великим забором води на господарські потреби.

Річки мають на поверхні водозборів породи, що відрізняються слабкою водопроникністю, а отже, позбавлені або майже позбавлені карстового живлення, в межень пересихають, і лише в окремі роки літні дощі можуть викликати незначний стік. Межень на цих річках спостерігається з липня по грудень - в місяці відсутності снігового або дощового живлення.

2. ОЦІНКА ОДНОРІДНОСТІ ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО МЕЖЕННОМУ СТОКУ

Для оцінки однорідності рядів найчастіше за все використовується критерій Стюдента, Фішера та Уїлкоксона.

Критерій Фішера F [3], який використовується для перевірки гіпотези однорідності дисперсій, має вигляд:

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (2.1)$$

де σ_x^2 і σ_y^2 – дисперсії досліджуваних рядів, причому у чисельнику використовується з двох досліджуваних рядів більше її значення. Функція Фішера залежить від числа ступенів свободи $k_1 = n_x - 1$ і $k_2 = n_y - 1$, де n_x і n_y – тривалість досліджуваних рядів.

За допомогою критерію середніх Стюдента t оцінюється однорідність рядів, що характеризуються досить близькими значеннями дисперсій. Сам же критерій записується у вигляді [3]

$$t = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (2.2)$$

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 порівнювальних рядів.

У 1955 р. Уїлкоксон запропонував непараметричний метод перевірки гіпотез однорідності, який дозволяє здійснювати перевірку частково залежних вибірок в тих випадках, коли дані вимірювань попарно взаємозв'язані. Надалі цей критерій був удосконалений Манном й Уїтні [4] і

став одним з рекомендованих у діючих нормативних документах для оцінки однорідності стокових рядів.

Аналізуючи отримані результати по оцінці однорідності (табл.2.1) слід відмітити, що вихідна інформація по мінімальному стоку в межах досліджуваної території в цілому є задовільною вимогам однорідності і стаціонарності.

Таблиця 2.1 – Оцінка однорідності вихідної інформації по мінімальному стоку річок
північно-західного схилу Кримських гір

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Висновок
			F	$F_{кр}$		t	$t_{кр}$			
Альма – Кримдержзаповідник	42	1%	1,17	3,92	так	1,22	2,74	так	так	так
		5%		2,74	так		2,04	так	так	так
Альма-вище вдсх.Партизанське	44	1%	9,31	3,68	ні	0,62	2,72	так	так	так
		5%		2,62	ні		2,03	так	так	так
Кача- с.Баштанівка	41	1%	7,16	3,92	ні	1,65	2,74	так	так	так
		5%		2,74	ні		2,04	так	так	так
Кача- с.Комсомольське	44	1%	1,29	3,68	так	2,48	2,72	так	ні	так
		5%		2,62	так		2,03	ні	ні	ні
Бельбек- сmt.Куйбишеве	71	1%	1,53	2,61	так	3,43	2,66	ні	ні	ні
		5%		2,06	так		2,00	ні	ні	ні
Бельбек- с.Фруктове	70	1%	2,28	2,64	так	2,77	2,66	ні	ні	ні
		5%		2,08	ні		2,00	ні	ні	ні
Біюк-Узеньбаш- с.Щасливе	45	1%	2,62	3,45	так	0,36	2,71	так	так	так
		5%		2,51	ні		2,02	так	так	так
Кучук-Узеньбаш- с.Многоріччя	46	1%	3,39	3,45	так	2,81	2,71	ні	ні	ні
		5%		2,51	ні		2,02	ні	ні	ні
притока Кучук- Узеньбаш	46	1%	2,47	3,45	так	2,41	2,71	так	так	так
		5%		2,51	так		2,02	ні	ні	ні
Чорна-с.Родниківське	78	1%	2,49	2,51	так	6,58	2,65	ні	ні	ні
		5%		2,00	ні		1,99	ні	ні	ні

3. МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Статистичні методи займають важливе місце при вирішенні багатьох задач, і в першу чергу, в галузі розрахунку характеристик мінімального стоку.

Враховуючи те, що у нашому розпорядженні у більшості випадків наявними є досить короткі часові ряди, поширене використання знайшли статистичні оцінки вибірових параметрів розподілу. Інша особливість використання статистичних методів полягає в тому, що дуже часто, навіть за коротких часових рядів, наявні з них відзначаються неоднорідністю.

Неврахування цих обставин може призвести до формального використання статистичних методів. Крім перелічених обмежень, слід мати на увазі й те, що гідрологічні ряди не завжди є чисто випадковими. Завдяки циклічності коливань у часових рядах відбувається порушення принципу випадковості. Тому наведені міркування необхідно брати до уваги, коли йдеться про використання статистичних методів у гідрології.

3.1 Тренди та циклічність в гідрологічних рядах

Статистично значимі лінійні тренди в ході багаторічних коливань гідрометеорологічних характеристик свідчать про те, що має місце статистична неоднорідність в розглянутих гідрологічних характеристиках.

У технічній літературі по гідрометеорології в ході багаторічних коливань різних гідрометеорологічних характеристик, розрахованих по обмеженому обсязі вихідної інформації, розраховуються лінійні і навіть нелінійні тренди з оцінкою їх статистичної значущості.

У випадку, коли при певному рівні значущості тренд значимо відрізняється від нуля, то з цього випливає висновок про нестационарність багаторічних коливань гідрометеорологічної характеристики або про неоднорідність даного гідрометеорологічного явища в часі.

Завдання оцінки значущості лінійних трендів розглянутої гідрологічної характеристики в часі зводиться до оцінки значущості коефіцієнта регресії (складових рівняння лінійної регресії) або коефіцієнта кореляції r .

Коефіцієнт кореляції вважається значущим, якщо виконується умова

$$r > 2\sigma_r \quad (3.1)$$

де

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}} \quad (3.2)$$

$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$ – середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта кореляції, r^2 – величина достовірності апроксимації, n – число років спостережень.

Питання, що пов'язані з вивченням динаміки циклічності гідрометеорологічного процесу, мають важливе значення для раціонального використання водних ресурсів та довгострокових прогнозів водності.

Можливість передбачити майбутні зміни річкового стоку дозволила б заощадити значні матеріальні ресурси під час будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд, а також завчасно прийняти необхідні заходи до появи катастрофічних посух та повеней [5].

Під поняттям циклічності багаторічних коливань стоку розуміють зміни водності, які характеризуються чергуванням маловодних та

багатоводних групувань різної тривалості та різної величини відхилення від середнього багаторічного значення стоку за період, що розглядається [6].

Дослідження динаміки багаторічних коливань стоку передбачає не лише аналіз їхньої циклічності, а й таких важливих сторін як синхронність або асинхронність, син фазність або аси фазність [6].

За однакових кліматичних умов та подібних елементів географічного ландшафту в близько розташованих річкових басейнах коливання водності річок зазвичай бувають синхронні. Однак, внаслідок різних синоптичних процесів, що обумовлюють неоднорідність випадіння атмосферних опадів по території та в часі, а також через різноманіття форм рельєфу та ґрунтів водозбору відповідність змін стоку різних річок може порушуватись.

У зв'язку з тим, що водність окремих років залежить від вказаних вище чинників, які визначають різнохарактерний режим річок та роль окремих джерел живлення, аналіз циклічних коливань водності доцільно проводити по маловодних та багатоводних фазах [7].

Для оцінки циклічних коливань гідрометеорологічних величин застосовують такі методи як: автокореляційний та спектральний аналіз; різницеві інтегральні криві; згладжування рядів спостережень шляхом ковзаючих n -річок, біноміальне осереднення.

Однак, у роботах [5, 8] показано, що найприйнятнішим методом є різницева інтегральна крива, оскільки дозволяє чітко визначати межі фаз водності. Крім того, за аналізом різницевої інтегральної кривої можна простежити динаміку розвитку циклів водності щодо лінії часу та виявити якісну та кількісну тенденцію їхніх змін [7, 8].

3.2 Визначення статистичних параметрів часових рядів

Розрахунки статистичних параметрів за методом моментів. В основі цього методу лежить визначення статистичних параметрів кривих розподілу через статистичні моменти.

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

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

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

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

де S – порядок моменту.

Перший початковий момент α_1 дорівнює математичному сподіванню m_x .

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

Серед центральних найбільше застосування у гідрології знайшли моменти другого μ_2 , третього μ_3 та четвертого μ_4 порядків, а також їх безрозмірні характеристики. Останні мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

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

- коефіцієнт асиметрії

$$C_s = \mu_3 / \sigma_x^3, \quad (3.8)$$

- ексцес

$$E = \mu_4 / \sigma_x^4 \quad (3.9)$$

Перший абсолютний момент γ_1 визначає середнє арифметичне відхилення:

$$\gamma_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |(x_i - m_x)| \quad (3.10)$$

Другий центральний момент μ_2 характеризує розсіювання значень випадкової величини відносно математичного сподівання.

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 (3.8) називається коефіцієнтом асиметрії.

Четвертий центральний момент μ_4 використовується для характеристики так званої «крутості», тобто гостровершинності кривої розподілу. Ця властивість розподілу описується за допомогою так званого ексцесу (3.9).

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

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^2}{n}}, \quad (3.11)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^3}{nC_v^3}, \quad (3.12)$$

де $\kappa_i = x_i / \bar{x}$. (3.13)

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього та більш вищих порядків при порівняно коротких рядах не відповідають вимогам незміщеності.

Для усунення зміщеності вводяться поправкові коефіцієнти [9, 10] і з їх урахуванням

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^2}{n-1}}; \quad (3.14)$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^3}{C_v^3}. \quad (3.15)$$

Слід зазначити, що введення поправних множників дозволяє усунути зміщеність параметрів C_v і C_s стокових рядів лише при $C_v \leq 0,5$. При $C_v > 0,5$ застосування методу моментів у гідрологічних розрахунках не рекомендується.

Розрахунки статистичних параметрів стоку за методом найбільшої правдоподібності. Походження назви цього методу пов'язане із застосуванням функції правдоподібності до визначення статистичних параметрів трипараметричного гама-розподілу, запропонованого С.М. Крицьким та М.Ф. Менкелем [8].

Математичний вираз для функції правдоподібності з невідомим параметром θ має такий вигляд:

$$L(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta), \dots, f(x_n, \theta). \quad (3.16)$$

З метою спрощення розрахунків її логарифмують і розглядають рівняння:

$$\frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{\partial \ln L}{\partial \theta} = 0. \quad (3.17)$$

Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним їх зміщенням. Але вигляд розрахункових формул статистичних параметрів залежить від обраного закону розподілу випадкової величини [10].

Строге вирішення (3.17) приводить до складних трансцендентних рівнянь, у зв'язку з цим був запропонований спрощений засіб оцінки параметрів з використанням допоміжних статистик λ . Перша з них – $\hat{\lambda}_1$ дорівнює середньому арифметичному значенню випадкової величини \bar{x} .

Дві інші ($\hat{\lambda}_2, \hat{\lambda}_3$) функціонально пов'язані з коефіцієнтами варіації C_v та асиметрії C_s (або відношення C_s/C_v). Для переходу від $\hat{\lambda}_2$ та $\hat{\lambda}_3$ до C_v та C_s/C_v побудовані спеціальні номограми [11].

Деяка зміщеність параметрів $\hat{\lambda}_2$ та $\hat{\lambda}_3$ усувається за рахунок поправкового множника $n/(n-1)$, тоді

$$\hat{\lambda}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \kappa_i}{n-1}, \quad (3.18)$$

$$\hat{\lambda}_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i \lg \kappa_i}{n-1}. \quad (3.19)$$

3.3 Оцінка точності вихідної інформації

Для об'єктивної оцінки точності обчислення максимальних витрат води різної ймовірності перевищення ($Q_{P,\%}$) необхідно визначити їх середню квадратичну похибку.

При визначенні розрахункових витрат води за допомогою кривої Пірсона III типу, виходячи з двох перших вибіркового статистичних моментів і заданого співвідношення між коефіцієнтами варіації й асиметрії, за методикою Г.А.Алексєєва [11] середньоквадратична похибка $\delta Q_{P\%}$ дорівнює:

$$\sigma_{Q_{P\%}} = \frac{100}{Q_{P1\%}} \sqrt{\left(1 + C_v \Phi_p\right)^2 \frac{C_v^2 \bar{Q}_m^2}{n} + \left(\Phi + C_s \frac{d\Phi_p}{dC_s}\right)^2 \times \bar{Q}_m^2 C_v^2 \left(\frac{C_v^2}{n} + \frac{1 + 0,75 C_s^2}{2n} - \frac{C_s C_v}{n}\right)} \quad (3.20)$$

де n – кількість років спостережень,

$d\Phi_p/dC_s$ – часткова похідна при забезпеченості $P\%$, яка приблизно може бути обчислена за формулою:

$$\frac{d\Phi_p}{dC_s} \cong \frac{\Phi(P, C_s + \Delta C_s) - \Phi(P, C_s)}{\Delta C_s} \quad (3.21)$$

C_v – коефіцієнт варіації; C_s – коефіцієнт асиметрії; Φ_p – нормовані ординати біноміальної кривої розподілу забезпеченістю $P\%$.

За допомогою сусідніх значень $\Phi(P, C_v)$ і $\Phi(P, C_s + \Delta C_v)$ у таблиці нормованих квантилів кривої Пірсона III типу [12].

Крім того, С.М.Крицький та М.Ф.Менкель [8] розробили номограми для визначення відносної стандартної похибки квантилів трьохпараметричного

гама-розподілу $E_\sigma = \frac{\sigma_{Q_p} \sqrt{n}}{Q_p}$ із закріпленими відношеннями $C_s = 2C_v; 3C_v; 4$

Таким чином, визначивши величину E_σ за допомогою номограми, можна знайти середню квадратичну похибку квантилів Q_p за формулою:

$$\sigma_{Q_p} = \frac{E_\sigma}{\sqrt{n}} 100. \quad (3.22)$$

3.4 Дослідження трендів та циклічності у рядах мінімальних витрат води на річках північно-західного схилу Кримських Гір

Для тих рядів, де має місце неоднорідність, представляє інтерес дослідити наявність у них направленість трендів. З цією метою були побудовані хронологічні графіки зв'язку $Q_{\min} = f(t)$, за допомогою яких можна встановити характер і тенденції у багаторічних коливаннях мінімальних витрат води.

Для тих рядів, у яких виявлена часова неоднорідність визначені лінійні тренди. Отримані тренди (рис. 3.1-3.3) були досліджені за рівнянням

$r > 2\sigma_r$, де $\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$ – середня квадратична похибка розрахунку

коефіцієнта кореляції, n – число років спостережень.

Враховуючи отримані хронологічні графіки для постів досліджуваної території слід наголосити, що тренди відсутні у рядах мінімального стоку, про що свідчать незначущі коефіцієнти кореляції.



Рисунок 3.1 – Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води р. Альма – Кримдержзаповідник (у модульних коефіцієнтів)

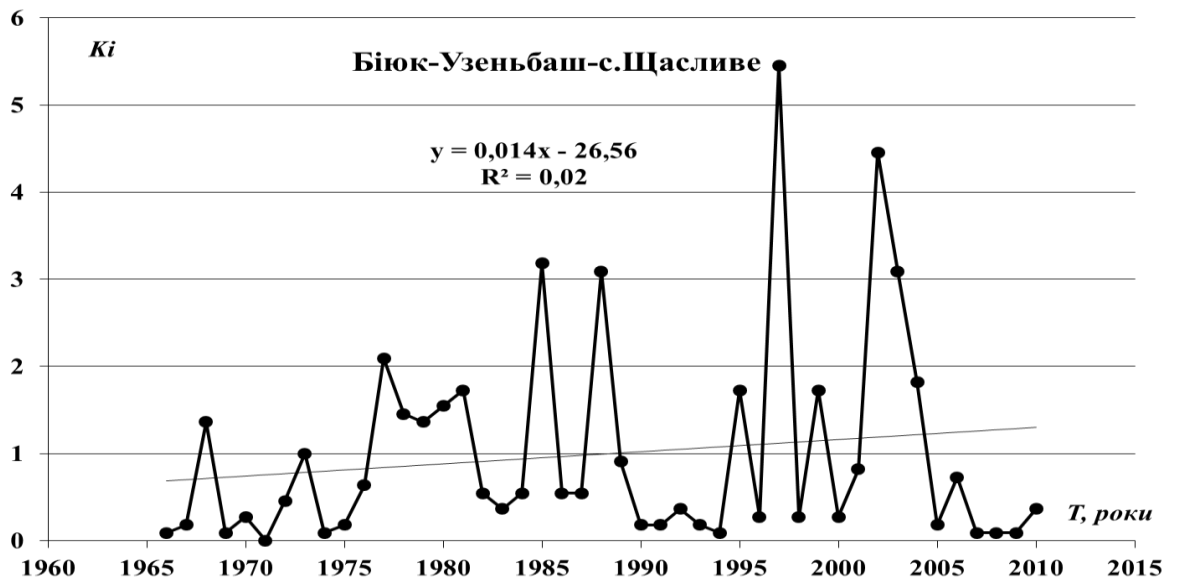


Рисунок 3.2 – Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе (у модульних коефіцієнтах)

Враховуючи отримані хронологічні графіки для постів досліджуваної території, побудований рис. 3.3.

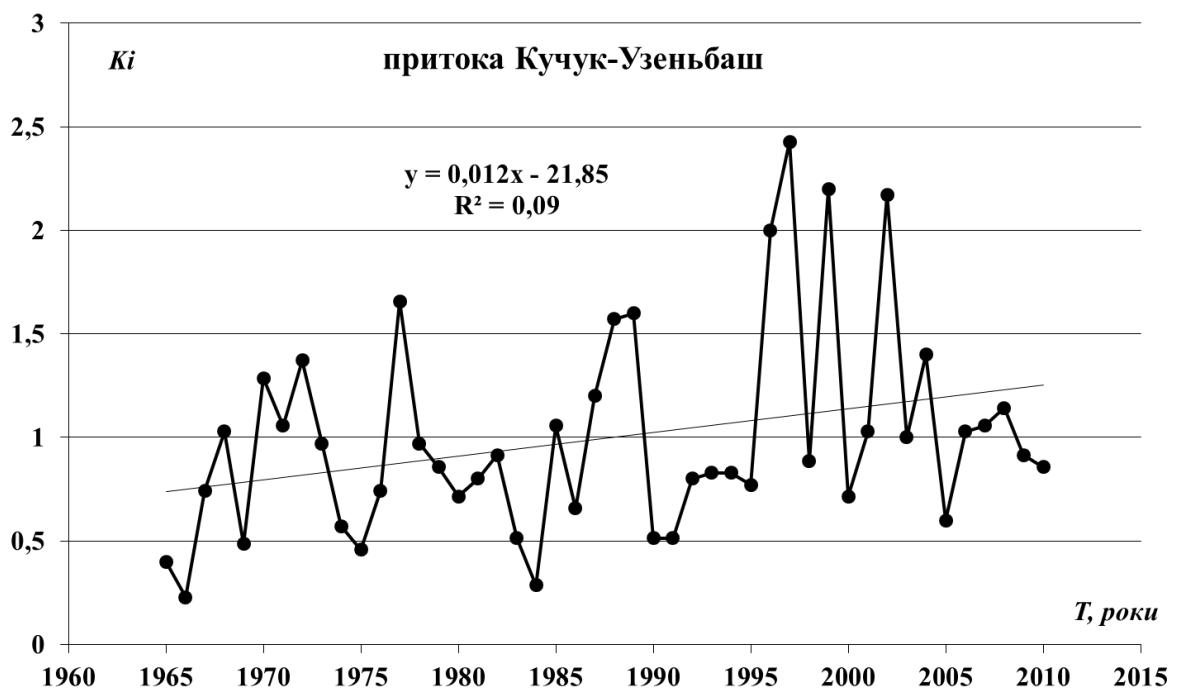


Рисунок 3.3 – Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води притоки Кучук-Узеньбаш (у модульних коефіцієнтах)

Для характеристики циклічності коливань мінімальних витрат води побудовані різницеві інтегральні криві для річок північно-західного схилу Кримських гір (рис.3.4).

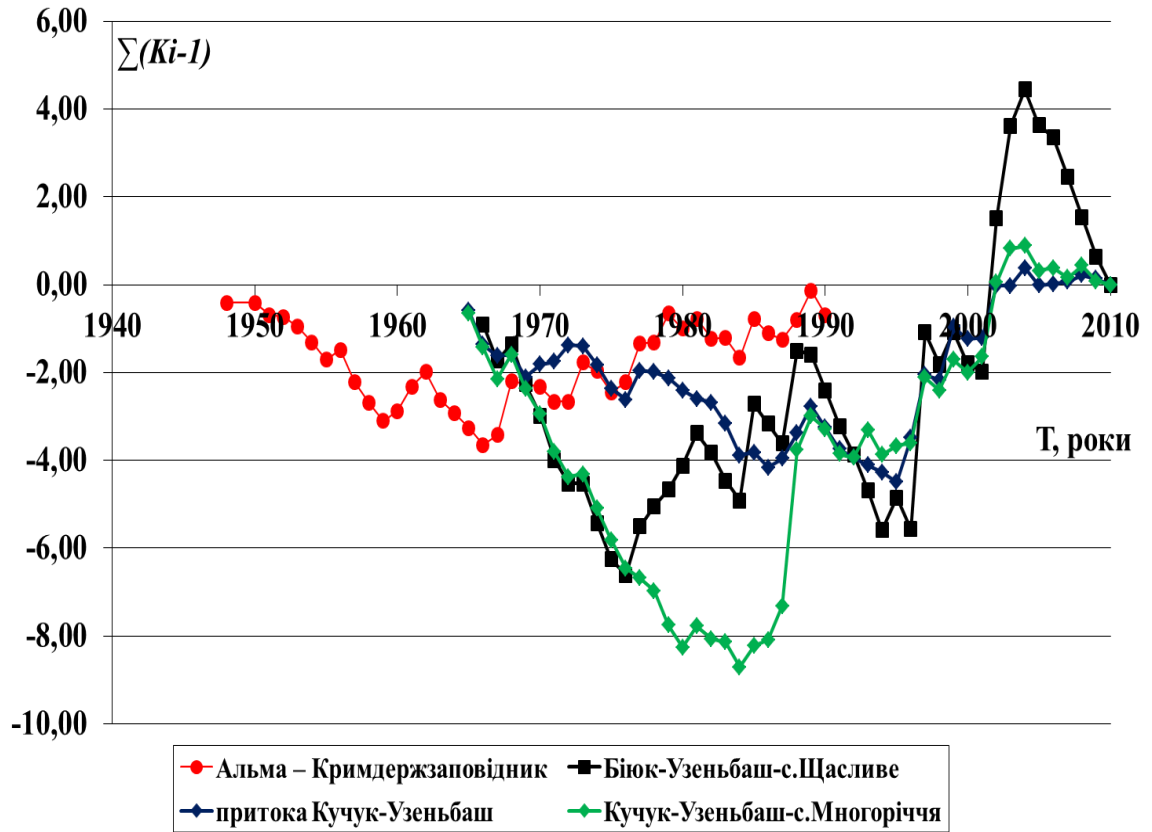


Рисунок 3.4 – Різницеві інтегральні криві мінімальних витрат води для річок північно-західного схилу Кримських гір

Як добре показано на рис. 3.4, кожна різницева інтегральна крива має повний цикл водності, але хід є асинхронним.

Отже, аналіз як хронологічних графіків, так і різницевих інтегральних кривих показав наявність повних циклів водності і відсутність значущих трендів для більшості річок досліджуваної території.

3.5 Статистична обробка вихідної інформації по мінімальному стоку та просторово-часове узагальнення статистичних параметрів часових рядів на річках північно-західного схилу Кримських гір

Відповідно до рекомендацій СНіП 2.01.14-83 [12], статистична обробка рядів мінімальних витрат води здійснюється з використання кривих біноміального й трипараметричного гама-розподілу.

Статистичні параметри емпіричних рядів максимальних витрат води по 20 гідрологічних постах обчислені методами моментів і найбільшої правдоподібності. За розрахунковий взято період з початку спостережень за стоком на річках по 2010 р.

Результати статистичної обробки мінімальних витрат води наведені в табл.3.1.

Значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,48 (Альма – Кримдержзаповідник) до 4,36 (Байдарка-с.Орлине), а C_v , розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,48 (Альма – Кримдержзаповідник) до 5,15 (Байдарка-с.Орлине).

Значення коефіцієнтів асиметрії мінімальних витрат води за методом найбільшої правдоподібності C_s змінюється від - 0,74 (Кача-с.Комсомольське) до 8,24 (Байдарка-с.Орлине), співвідношення C_s/C_v за результатами використання методу найбільшої правдоподібності можна осереднити і прийняти на рівні 2,50.

У подальших розрахунках прийняті параметри статистичного розподілу, отримані методом найбільшої правдоподібності.

Таблиця 3.1 – Результати статистичної обробки мінімальних витрат води на
річках північно-західного схилу Кримських Гір

№ п/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	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	0,09	-0,005	0,48	0,90	1,90	0,48	0,97	2,00
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	0,04	-0,11	1,74	4,02	2,30	1,83	6,76	3,70
3	Альма - с.Карагач	249	0,06	-0,001	0,68	1,71	2,50	0,74	2,83	3,90
4	Альма-с.Красноармійське	607	0,08	0,53	0,78	0,78	1,00	0,83	1,01	1,20
5	Кача- с.Загірське	110	0,12	-0,09	0,58	1,09	1,90	0,59	1,38	2,40
6	Кача- с.Баштанівка	321	0,15	0,23	0,92	2,03	2,20	0,95	2,72	2,90
7	Кача-с.Комсомольське	525	0,20	0,36	0,62	0,67	1,00	0,70	0,74	1,10
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	0,004	-0,28	0,50	1,54	3,10	0,61	5,41	8,90
9	Бельбек- с.Щасливе	44	0,09	0,45	0,59	0,57	1,00	0,65	0,82	1,20
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	0,16	0,27	0,82	2,15	2,60	0,85	2,61	3,10
11	Бельбек- с.Фруктове	493	0,14	0,08	1,34	2,29	1,70	1,38	2,83	2,00
12	Манатра-с.Щасливе	5,06	0,001	0,41	1,46	1,52	1,00	1,58	2,14	1,40
13	Бюк- Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	0,01	0,09	1,21	2,06	1,70	1,24	2,63	2,10
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	0,01	0,30	0,80	2,27	2,80	0,86	3,06	3,60
15	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	0,04	0,19	0,50	1,21	2,40	0,50	1,35	2,70
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	0,06	0,13	0,49	0,87	1,80	0,49	0,96	2,00
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	0,05	0,53	0,98	1,17	1,20	1,01	1,29	1,30
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	0,05	0,06	0,87	1,16	1,30	0,89	1,44	1,60
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	0,02	-0,28	1,53	2,29	1,50	1,93	6,82	3,50
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	0,00	-0,05	4,36	4,46	1,00	5,15	8,24	1,60

4. РЕГІОНАЛЬНА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖЕННОГО СТОКУ РІЧОК ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО СХИЛУ КРИМСЬКИХ ГІР

До основних факторів, що обумовлюють формування меженного стоку, відносяться клімат і підстильна поверхня, які утворюють запаси підземних вод. Істотний вплив на межений стік річок має господарська діяльність людини. Дані щодо мінімального стоку річок не відображають природного підземного живлення річок. Межень на річках настає при переході їх на підземне живлення.

Для річок північно-західного схилу Кримських Гір, з огляду на особливі умови формування стоку і з тим, що літня межень звичайно переходить в осінньо-зимову, загальноприйнятий поділ межені на літню і зимову не застосовується. Більш прийнятним є поділ її на межень періоду відкритого русла і межень з льодовими явищами.

Мінімальний стік є частиною меженного стоку. Одним з основних його генетично однорідних характеристик є найменша за багаторічний період середньомісячна мінімальна витрата і середньобагаторічна добова мінімальна витрата води. Зважаючи на значне спотворення природного стоку річок, для характеристики мінімумів прийнята величина місячного мінімального стоку, на яку в меншій мірі позначається вплив спотворюючих факторів. При неможливості в окремі роки виділити 30-ти добовий інтервал допускається його скорочення, але не менше ніж до 24 діб. Основними факторами, що визначають мінливість мінімального стоку річок Криму, є карст і господарська діяльність людини.

В Україні при розрахунках мінімального стоку використовувався нормативний документ СНиП 2.01.14-83 [12], яким були 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 .

На даний час в Україні підготовлено новий нормативний документ ДБН В.2.4-8:2014 Визначення розрахункових гідрологічних характеристик. Він

затверджений Наказом Мінрегіону України, але поки що не вступив в дію. Основні розрахункові формули в цьому виданні залишилися незмінними.

Згідно з рекомендаціями СНиП 2.01.14-83 [12] мінімальні 30-добові витрати води $Q_{80\%}$ ($\text{м}^3/\text{сек}$) щорічної ймовірності перевищення P рівній 80% літньо-осінній період і зимовий періоди для середніх і великих річок слід визначати по річках-аналогах або інтерполяцією.

Значення мінімального 30-добового модуля стоку щорічної ймовірності перевищення 80% слід знімати з карт для центру ваги розрахункового басейна шляхом інтерполяції між ізолініями стоку (рис.4.1-4.2).

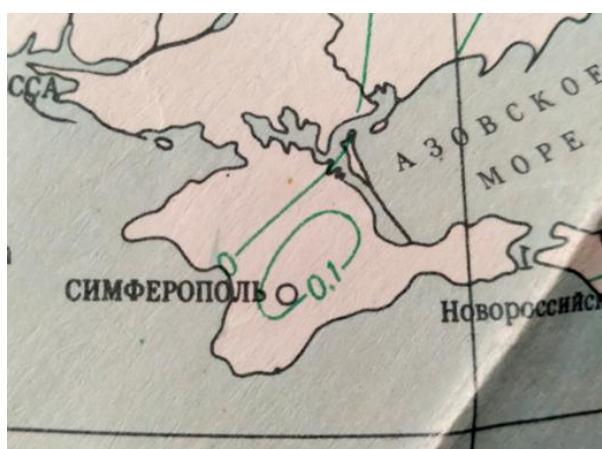


Рисунок 4.1– Мінімальний 30-денний зимовий стік річок забезпеченістю $P=80\%$

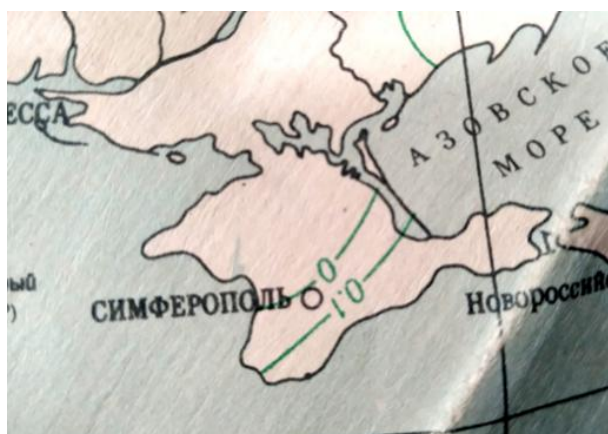


Рисунок 4.2 – Мінімальний 30-денний літньо-осінній стік річок забезпеченістю $P=80\%$

В СНиП 2.01.14-83 [12] для водозборів з площею меншою за 1200 км² для розрахунку рекомендується формула вигляду:

$$Q_{80\%} = 10^{-3} a (F + f_0) \quad (4.1)$$

де $Q_{80\%}$ - мінімальна 30-денна витрата води щорічної ймовірності перевищення P рівній 80% для зимового або літньо-осіннього періоду, м³/с; F - площа водозбору річки, км²; a , n , f_0 - параметри, які визначаються в залежності від географічного положення (рис.4.3-4.4).

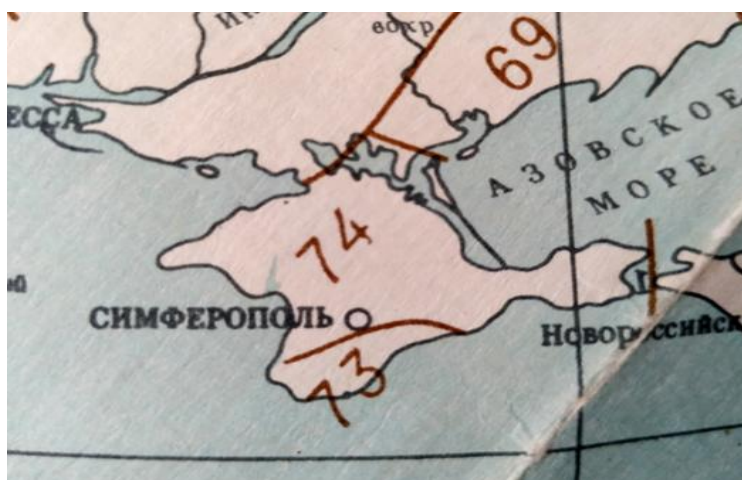


Рисунок 4.3 – Районування параметрів для визначення мінімальної 30-денної витрати води 80%-ї забезпеченості на малих річках в літньо-осінній період



Рисунок 4.4 – Районування параметрів для визначення мінімальної 30-денної витрати води 80%-ї забезпеченості на малих річках в зимовий період

По формулі (3.22) розрахована середня квадратична похибка визначення $Q_{80\%}$ мінімальної 30-денної витрати води по вихідних рядах. Точність даних по мінімальним витратам води можна оцінити на рівні $\pm 23,7\%$.

Після розрахунку 80%-ї забезпеченості мінімального модуля стоку для зимової та літньо-осінньої межени (4.1) визначили точність розрахунку, як відносне відхилення розрахованих значень від фактичних за формулою 4.2:

$$\Delta = \left| \frac{q_p - q_\phi}{q_\phi} \right| \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

Помилка склала більше 77%. Це не дає можливості використовувати цей метод розрахунку.

Враховуючи, що характеристики стоку в горах, на відміну від рівнинних територій, підкоряються не географічній зональності, а висотній поясності, була побудована залежність мінімального стоку $q_{80\%}$ від середньої висоти водозбору $H_{сер}$ (рис.4.5).

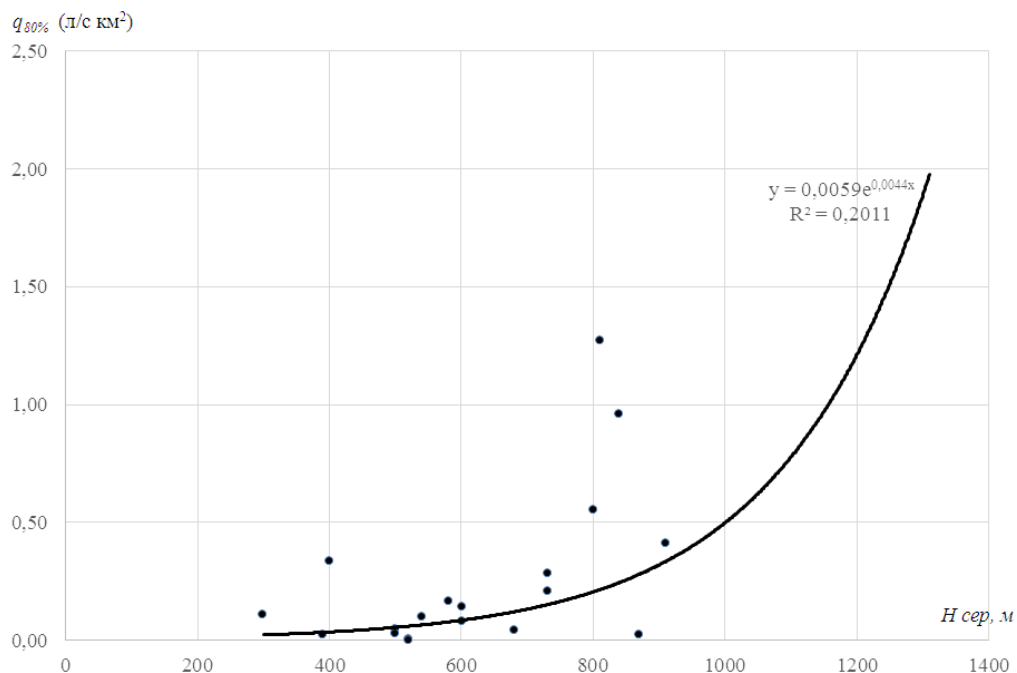


Рисунок 4.5. - Залежність мінімального стоку $q_{80\%}$ (л/с км²) від середньої висоти водозборів $H_{сер}$, м

Отримані досить слабкі залежності мінімального стоку від середньої висоти водозбору, що не дає можливості для розробки рекомендацій щодо розрахунку мінімального стоку маловивчених і невивчених річок в даний час. Таким чином, мінімальний стік можна визначити тільки методом аналогії, з вибором аналогу безпосередньо на місці.

У практиці гідрологічних розрахунків найбільш доступним методом розрахунку коливань стоку є статистичний метод, в основі якого лежать криві розподілу стоку.

Використовуючи ординати трипараметричного гама-розподілу С.М. Крицького – М.Ф. Менкеля [8] та статистичні характеристики, можна визначити мінімальні витрати води 75, 80, 90, 95 і 97% - ї забезпеченості . В роботі були визначені модулі стоку 80 %- ої забезпеченості (табл.4.1).

Таблиця 4.1 – Розрахунок мінімальних витрат води заданої забезпеченості

№з/п	Річка- Пост	$Q_{\min}^{30},$ $\text{м}^3/\text{с}$	C_v	$K_{80\%}$	$Q_{80\%, \text{м}^3/\text{с}}$
1	р.Альма – Кримдержзаповідник	0,09	0,48	0,56	0,0504
2	р.Альма - с.Карагач	0,04	1,74	0,033	0,00132
3	р.Альма-с.Красноармійське	0,06	0,68	0,41	0,0246
4	р.Альма-вище вдсх.Партизанське	0,08	0,78	0,36	0,0288
5	р.Альма-сmt Почтове	0,12	0,58	0,51	0,0612
6	Кача- с.Загірське	0,15	0,92	0,31	0,0465
7	р.Кача- с.Баштанівка	0,2	0,62	0,44	0,088
8	р.Кача- с.Суворове	0,004	0,5	0,05	0,0002
9	р.Бельбек- с.Щастливе	0,09	0,59	0,47	0,0423
10	р.Бельбек- сmt Куйбишеве	0,16	0,82	0,35	0,056
11	р.Бельбек- с.Фруктове	0,14	1,34	0,14	0,0196
12	р.Бюк-Узеньбаш-с.Щастливе	0,001	1,46	0,14	0,00014
13	р.Кокозка-с.Аромат	0,01	1,21	0,07	0,0007
14	р.Чорна-с.Родниковске	0,01	0,8	0,34	0,0034
15	р.Чорна-біля гори Кізіл-Кая	0,04	0,5	0,58	0,0232
16	р.Чорна-с.Чернореченске	0,06	0,49	0,57	0,0342

Продовження табл. 4.1

17	р.Байдарка-с.Орлине	0,05	0,98	0,27	0,0135
18	р.Манаготра-с.Щастливе	0,05	0,87	0,32	0,016
19	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	0,02	1,53	0,02	0,0004
20	притока Кучук-Узеньбаш	0	4,36	0,56	0,0001

Висновки

В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра виконано розрахунок мінімального стоку річок північно-західного схилу Кримських гір. Для річок північно-західного схилу Кримських Гір, з огляду на особливі умови формування стоку і з тим, що літня межень звичайно переходить в осінньо-зимову, загальноприйнятий поділ межені на літню і зимову не застосовується.

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

2. Вихідна інформація по мінімальному стоку в межах досліджуваної території в цілому є задовільною вимогам однорідності і стаціонарності.

3. В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра здійснено статистичний аналіз та обробку часових рядів на матеріалах сучасних спостережень гідрологічного режиму річок.

4. Статистична обробка рядів максимальних витрат води та шарів стоку у відповідності в рекомендацією СНиП 2.01.14-83, виконувалася з використанням кривих біноміального і трипараметричного гамма-розподілу по методах моментів та найбільшої правдоподібності. Статистичні методи займають важливе місце при вирішенні багатьох задач і в першу чергу в галузі розрахунку характеристик мінімального стоку річок.

5. В результаті статистичної обробки отримані основні характеристики рядів, а також розраховані витрати води $Q_{80\%}$.

6. Побудовані хронологічні графіки мінімальних витрат води вказують на те, що тенденція до суттєвого зменшення або збільшення відсутня.

7. Побудовані різницеві інтегральні криві для мінімальних витрат води вказують на наявність циклічності в коливаннях стоку річок

досліджуваної території.

8. Мінімальний стік для річок північно-західного схилу Кримських Гір можна визначити тільки методом аналогії, з вибором аналога безпосередньо на місці.

Надалі планується продовжити кваліфікаційну роботу для розробки регіональної методики визначення меженного стоку річок північно-західного схилу Кримських Гір.

Перелік джерел посилання

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 4. Крым. Ленинград: ГМИ, 1966. 344 с.
2. 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>
3. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / Санкт-Петербург: ГГИ, 2007. 278 с.
4. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник / Одеськ. Державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с. 1. Афанасьєв А.Н. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР (в особенности в бассейне Байкала). Москва: Наука. 1967. 231 с.
5. Кузин П.С. Циклические колебания стока рек северного полушария. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 447 с.
6. Чорноморець Ю.О. Оцінка циклічності багаторічних коливань стоку річок Українських Карпат: автореф. дис ... канд. геогр. наук: 11.00.07. Київ. 2007. 20 с.
7. Клибашев К.П., И.Ф.Горошков. Гидрологические расчеты. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 431 с.
8. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. Москва: «Наука», 1981. 254 с.
9. Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: Конспект лекцій. Дніпропетровськ: ПБП «Економіка» 2006. 175 с.
10. Блохинов Е.Г. Новые приемы для оценки параметров случайных

колебаний речного стока по данным многолетних наблюдений / Труды ГГИ. 1968. Вып.143. С.134-185.

11. Алексеев Г.А. Методы оценки случайных погрешностей гидрометеорологической информации. Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. 95 с.

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