

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський державний екологічний університет

На правах рукопису

**Тодорова Олена Іванівна**

УДК 556.166

**МАКСИМАЛЬНИЙ СТІК ПАВОДКІВ ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ  
НА РІЧКАХ ГІРСЬКОГО КРИМУ**

11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата географічних наук

Науковий керівник  
Овчарук Валерія Анатоліївна,  
кандидат географічних наук, доцент

ОДЕСА - 2017

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1	
ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ГІРСЬКОГО КРИМУ	12
1.1 Географічне положення та рельєф	12
1.2 Ґрунти та рослинність	14
1.3 Кліматична характеристика	17
1.4 Вплив карсту на водний режим річок Гірського Криму	27
1.5 Сучасний водний режим річок досліджуваної території	30
1.6 Катастрофічні паводки на річках Гірського Криму	40
РОЗДІЛ 2	
АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ	46
2.1 Нормативні документи та регіональні методики, що регламентують визначення максимального стоку паводків річок Гірського Криму	46
2.2 Рекомендації ВМО, щодо визначення максимального стоку паводків	57
2.3 Формули редуційного та об'ємного типу	62
2.4 Раціональний метод або формули граничної інтенсивності	69
2.5 Формули, що засновані на теорії руслових ізохрон	75
2.6 Методика, що рекомендується для нормування характеристик максимального стоку дощових паводків теплого періоду для річок Гірського Криму	83

Розділ 3	
СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО МАКСИМАЛЬНОМУ СТОКУ ПАВОДКІВ ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ НА РІЧКАХ ГІРСЬКОГО КРИМУ	86
3.1 Критерії однорідності часових рядів	86
3.2 Аналіз однорідності і циклічності в рядах дощових паводків для річок Гірського Криму	88
3.3 Методи, які використовуються для визначення статистичних параметрів теоретичних кривих розподілу	94
3.3.1 Розрахунки статистичних параметрів за методом моментів	94
3.3.2 Розрахунки статистичних параметрів за методом найбільшої правдоподібності	99
3.4 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води на річках Гірського Криму	101
3.5 Статистична обробка часових рядів шарів стоку дощових паводків на річках Гірського Криму	105
3.6 Дослідження впливу зональних та азоняльних факторів на шари стоку паводків	107
3.7 Оцінка точності вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків теплового періоду річок Гірського Криму	111
Розділ 4	
ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РУСЛОВОГО ДОБІГАННЯ ТА СХИЛОВОГО ПРИПЛИВУ ПІД ЧАС ПАВОДКІВ НА РІЧКАХ ГІРСЬКОГО КРИМУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНИХ МЕТОДІВ	114
4.1 Обґрунтування регіональної формули швидкості руслового добігання	114
4.2 Визначення характеристик схилового припливу під час формування паводків на річках досліджуваної території	123

4.2.1 Часова нерівномірність схилового припливу	123
4.2.2 Визначення тривалості схилового припливу на території Гірського Криму	126
РОЗДІЛ 5	
НОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ НА ТЕРИТОРІЇ ГІРСЬКОГО КРИМУ	133
5.1 Визначення максимальних модулів схилового припливу 1%-ої забезпеченості	133
5.2 Про можливість врахування впливу підстильної поверхні при визначенні максимальних модулів схилового припливу	139
5.3 Перевірні розрахунки	142
ВИСНОВКИ	151
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	154
ДОДАТКИ	167

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На теперішній час, в період глобальних змін клімату, науковці у багатьох країнах світу відмічають збільшення випадків екстремальних природних явищ. Дощові паводки відносяться до категорії небезпечних гідрологічних явищ бо часто призводять до катастрофічних наслідків. В Україні питанню вивчення цього природного явища приділяється велика увага на різних рівнях – від досліджень університетських до загальнонаціональних.

У жовтні 2015 року стартував проект ЄС «Підтримка України в апроксимації напрацьованого законодавства ЄС у сфері навколишнього середовища». Головним напрямом проекту є управління водними та природними ресурсами, зокрема імплементація водних Директив Європейського Союзу - Водної Рамкової ЄС (2000/60/ЕС) та Паводкової Директив ЄС (2007/60/ЕС). Паводкова Директива передбачає, перш за все, визначення зон можливого затоплення при проходженні паводків, а отже виникає задача визначення максимального стоку річок, особливо рідкісної ймовірності перевищення.

Основні наукові досягнення в галузі розрахунку максимального стоку в Україні належать А.В. Огієвському, В.І. Мокляку, Й.А. Железняку, П.Ф. Вишневському, А.М. Бефані, Є.Д. Гопченку, О.Г. Іваненку, О.М. Мельничуку, Б.В. Кіндюку та ін.

Тим не менш, незважаючи на накопичений величезний досвід, існує багато протиріч у науково-методичних підходах до розрахунку характеристик максимального стоку дощових паводків і весняного водопілля.

Дисертаційна робота присвячена нормуванню характеристик максимального стоку дощових паводків теплого періоду річок Гірського Криму на основі модифікованої редуційної структури, яка була отримана безпосередньо з моделі руслових ізохрон.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Напрямок дисертаційного дослідження входив до науково-дослідної тематики кафедри гідрології суші Одеського державного екологічного університету: «Розрахункові характеристики гідрологічного режиму річок України» (2013-2017 рр. № держреєстрації 0113U005797) у розділах: «Дослідження умов формування стоку річок України в різні фази гідрологічного режиму та в різних фізико - географічних умовах», 2013 р. (Особливості формування паводків холодного та теплого періодів на гірських річках Кримського півострову), «Аналітичний огляд сучасного стану в галузі розрахунку і прогнозу характеристик гідрологічного режиму річок», 2014 р. (Аналітичний огляд регіональних методик щодо визначення максимального стоку паводків на річках Криму), «Збір та статистична обробка вихідної інформації по стоку річок в різні фази водного режиму», 2015 р. (Збір та статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку теплого періоду річок Гірського Криму) та «Обґрунтування та узагальнення розрахункових параметрів сучасних моделей для розрахунку і прогнозу стоку річок», 2016 р. (Обґрунтування характеристик схилового припливу для річок Гірського Криму).

Наукові напрацювання автора частково використані в науково-дослідній роботі «Підготовка до видання серії монографій “Ресурси поверхневих вод України” по басейнах головних річок України”, т. 3, «Басейн Південного Бугу. Річки Причорномор'я» (№ держреєстрації 7/09 0109U004890).

Окремі складові дисертаційної роботи увійшли до розділів науково-дослідної роботи Одеського державного екологічного університету: «Розробка теоретичної моделі формування катастрофічних водопіль на території України в умовах глобальних змін клімату» (2012-2014 рр. № держреєстрації 0112U001125) та «Моделювання екстремальних гідрологічних явищ (паводків та посух) на території гірських регіонів України в умовах сучасних змін клімату» (2015-2016 рр. № держреєстрації 0115U000630).

**Мета і завдання дослідження** полягають в обґрунтуванні та реалізації розрахункової методики для визначення характеристик максимального стоку дощових паводків теплого періоду річок Гірського Криму.

*Для досягнення мети були сформульовані та вирішені такі задачі дослідження:*

- проаналізовані умови формування дощових паводків катастрофічного характеру на річках Гірського Криму;
- виконаний аналіз існуючих методів визначення максимальних витрат води дощових паводків та обґрунтування регіональної методики для річок досліджуваної території;
- збір та статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку паводків теплого періоду;
- оцінка можливих тенденцій в часовому та просторовому розподілі характеристик стоку паводків на річках Гірського Криму;
- узагальнення за територією Гірського Криму параметрів розрахункової методики для визначення максимальних витрат води паводків теплого періоду;
- розроблення та реалізація методики визначення максимального стоку паводків теплого періоду для невивчених у гідрологічному відношенні річок досліджуваної території.

*Об'єкт дослідження* – максимальний стік дощових паводків теплого періоду річок Гірського Криму.

*Предмет дослідження* – обґрунтування і реалізація методики розрахунку максимальних витрат води дощових паводків різної ймовірності перевищення для річок Гірського Криму.

**Методи дослідження** полягають у використанні математичної статистики, за допомогою якої здійснено обробку часових рядів гідрологічних та метеорологічних величин, географічного узагальнення розрахункових характеристик, які є визначальними у нормативно-

розрахунковій методиці максимального стоку дощових паводків на річках Гірського Криму.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в обґрунтуванні методики для нормування розрахункових характеристик максимального стоку дощових паводків невивчених у гідрологічному відношенні річок Гірського Криму на основі модифікованої редуційної структури.

Науковою новизною відрізняються такі складові розрахункової методики:

*Вперше:*

– для досліджуваної території удосконалено науково-методичну базу для нормування характеристик максимального стоку дощових паводків гірських річок на основі модифікованої редуційної структури;

– встановлено статистичну однорідність та стаціонарність вихідної інформації по максимальному стоку паводків теплого періоду (з початку спостережень до 2010 року, включно);

– на базі використання даних гідрологічної мережі постів визначені для всієї території Гірського Криму характеристики схилового припливу з використанням комплексного методу;

– для розглядуваної території визначені та узагальнені у просторі максимальні модулі схилового припливу забезпеченістю  $P=1\%$ ;

– отримані коефіцієнти впливу підстильної поверхні на максимальний стік паводків та узагальнені за територією Гірського Криму.

*Удосконалено:*

– базову структуру регіональної розрахункової формули максимального стоку дощових паводків;

– методичні підходи щодо узагальнення основних складових розрахункової схеми;

– методику визначення невимірюваних характеристик схилового припливу – коефіцієнтів часової нерівномірності та тривалості схилового припливу;



– регіональну формулу для визначення швидкості руслового добігання під час паводків;

– методичні підходи щодо врахування впливу карсту на максимальний стік річок.

*Дістали подальший розвиток:*

– застосування теорії руслових ізохрон для визначення параметрів формули редукційного типу на прикладі річок Гірського Криму;

– методична база для визначення тривалості схилового припливу за допомогою комплексного методу.

**Практичне значення одержаних результатів.** Одержані у дисертаційній роботі результати впроваджені для випробувального використання в Гідрометцентрі Чорного та Азовського морів (назва впровадженого результату: «Оцінка ймовірності формування паводків та посух на річках Кримського півострову»). Наукові напрацювання автора також представлені у свідоцтвах про реєстрацію авторського права на твір у співавторстві (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 58755. Звіт про науково-дослідну роботу “Розробка нової математичної моделі і методичних підходів щодо нормування розрахункових характеристик максимального стоку водопіль на території України з урахуванням змін кліматичних умов”. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 64865. Звіт про науково-дослідну роботу “Розробка теоретичної моделі формування катастрофічних водопіль на території України в умовах глобальних змін клімату (заключний)”. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 66452. Звіт про науково-дослідну роботу “Моделювання екстремальних гідрологічних явищ (паводків та посух) на території гірських регіонів України в умовах сучасних змін клімату. Обґрунтування теоретичної бази для нормування паводків і посух у гірських районах України (проміжний)”).

**Особистий внесок здобувача.** Результати розрахунків та узагальнення параметрів запропонованої методики, наведених у дисертаційній роботі,

належать автору. Публікації представлені у співавторстві з науковим керівником, якому належить теоретичне обґрунтування напрямів досліджень, а дисертанту – аналіз та їх практична реалізація.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень, які є складовою дисертаційної роботи, представлялись та обговорювались на наукових конференціях молодих вчених ОДЕКУ, на 3-х Всеукраїнських і 13-ти міжнародних конференціях:

- Наукові конференції молодих вчених ОДЕКУ (м. Одеса, 2013-2016 рр.);
- Всеукраїнська конференція з міжнародною участю «Молоді науковці - географічній науці» (м. Київ, 22-23 листопада 2012 р.);
- Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні проблеми та шляхи їх вирішення в науці, транспорті, виробництві та освіті 2012» (18-27 грудня 2012 р.);
- Міжнародна конференція «7-th European conference on Severe storms ECSS» (м. Гельсінкі, 3-7 червня 2013 р.);
- Міжнародна конференція для молодих вчених і аспірантів в пам'ять видатного російського гідролога Ю.Б. Виноградова «Первые Виноградовские чтения. Будущее гидрологии» (м. Санкт-Петербург, 16-18 листопада 2013 р.);
- Міжнародна наукова конференція «География: Вызовы XXI века», присвяченій 80-річчю від дня заснування географічного факультету Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського (м. Сімферополь, 8-12 квітня 2014 р.);
- VI Всеукраїнська наукова конференція з міжнародною участю «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології» (м. Дніпропетровськ, 20-22 травня 2014 р.);
- V Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 80-річчю Єврейської автономної області «Современные проблемы регионального развития», Бірбіджан, Росія (9-11 вересня 2014 р.);
- Міжнародна науково-практична конференція «География, картография, географическая освіта: історія, методологія, практика» присвячена 25-річчю з дня

народження професора Ярослава Жупанського (м. Чернівці, 9-11 жовтня 2014 р.);

– Міжнародна наукова конференція студентів та молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи її вирішення» (м. Одеса, 7-9 жовтень 2014 р.);

– Четверта Всеросійська конференція «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов» (м. Москва, 21-25 вересня 2015 р.);

– 26th IUGG GENERAL ASSEMBLY 2015 «International union of Geodesy and Geophysics» (м. Прага, 22-28 червня 2015 р.);

– Міжнародна конференція для молодих вчених і аспірантів в пам'ять видатного російського гідролога Ю.Б. Виноградова «Вторые Виноградовские чтения. Искусство гидрологии» (м. Санкт-Петербург, 18-21 листопада 2015 р.);

– Triple-helix conference on Bio-based economy and the 4th Clustering Workshop of the Danube-INCO.NET (м. Будапешт, 19-20 липня 2016 р.);

– The 33rd International Geographical Congress (м. Пекін, 21-25 серпня 2016 р.);

– Міжнародна наукова конференція «Від географії до географічного українознавства: Еволюція освітньо-наукових ідей та пошуків (до 140-річчя започаткування географії у Чернівецькому національному університеті ім. Ю.Федьковича)» (м. Чернівці, 11-13 жовтня 2016 р.);

– Всеукраїнська конференція молодих вчених "Метеорологія, гідрологія, моніторинг довкілля в контексті екологічних викликів сьогодення"(м.Київ, 16-17 листопада 2016 р.).

**Публікації.** Основні наукові і прикладні результати дисертаційної роботи опубліковані у 25 працях, з яких 6 - статті, що входять до переліку ДАК України, 1 стаття надрукована у зарубіжному науковому журналі, 1 стаття в зарубіжному електронному науковому журналі, що входить до наукометричної бази даних Web of Science, 17 тез доповідей всеукраїнських, міжнародних наукових конференцій та конференцій молодих вчених ОДЕКУ.

## РОЗДІЛ 1

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ  
ГІРСЬКОГО КРИМУ

## 1.1 Географічне положення та рельєф

Гірський Крим займає південно-східну та південну частину Кримського півострова. Гори тягнуться від м. Балаклави до м. Феодосії на відстані 150 км при ширині до 50 км.

Орографічною особливістю Гірського Криму є наявність трьох гряд – Головної гірської гряди та двох передгірних – Внутрішньої і Зовнішньої. [1] (рис.1.1).

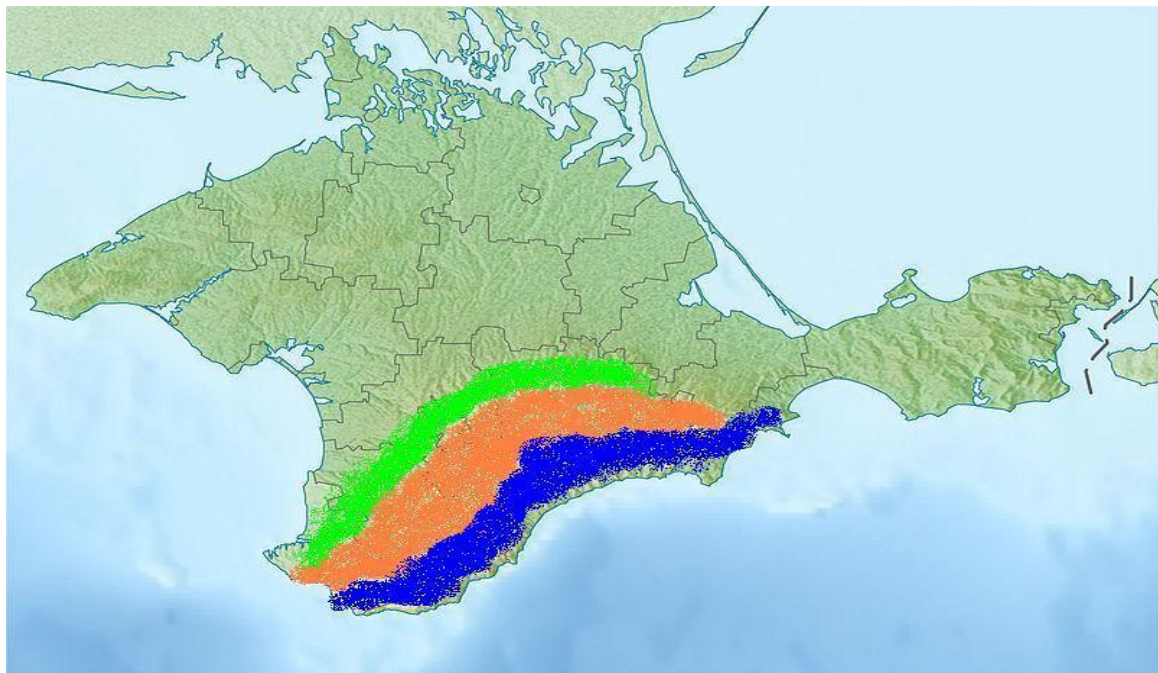
*Головна гряда* звернена до моря і складається з ланцюгів гірських вершин і нагірних плато (яйл). Починається вона біля мису Фіолент поблизу Севастополя і тягнеться в східному і північно-східному напрямках, сходячи нанівець в районі Феодосії (мис Іллі). Висота головної гряди коливається у доволі широкому діапазоні. Біля мису Айя вона становить 557 м над рівнем моря, а потім все більше зростає і вже на Ай-Петрі досягає 1300 м. Найвищі масиви: Бабуган-яйла і Чатир-Даг перевищують висоту 1500 м. Найвища точка Криму - г. Роман-Кош, що знаходиться на Бабугані, має висоту 1545 м. На сході Головну гряду складають масиви Демерджи і Карабі-яйла. На північ від Головної гряди простяглися дуги хребтів Внутрішньої і Зовнішньої гряд, які часто іменують передгір'ям.

*Внутрішня гряда* починається Інкерманськими висотами в районі Севастополя, проходить через Бахчисарай, Сімферополь і майже зникає в районі Старого Криму. Її найбільша висота - 766 м (м. Кубалач).

*Зовнішня гряда* добре простежується тільки від Севастополя до Сімферополя. Висота її коливається від 140 до 362 метрів (м. Куш-Кая).

Найбільші масиви Головної гряди складені вапняками, що зумовило активний прояв у Гірському Криму карстових процесів і виникнення карстових форм: воронок, шахт, печер і так далі.

Хребти Гірського Криму представляють собою форму куест - гір з асиметричними протилежними схилами. Північні схили Кримських гір пологі, а південні - круті, і часто, обривисті.



Умовні позначки:

- Головна гряда;
- Внутрішня гряда;
- Зовнішня гряда.

Рис. 1.1 Карта-схема розташування гряд Кримських гір [2]

Відповідно до класифікації, наведеної в [1], річки розглядуваної території поділяються на групи залежно від схилу, по якому вони протікають, а саме:

*Річки західної частини північного схилу Кримських гір:* в цю групу входять найбільш значні за протяжністю та водністю річки півострова (з півночі на південь) - Альма, Кача, Бельбек і Чорна. Їх загальна довжина становить 701 км. Густота річкової мережі дорівнює 0,3 км/км<sup>2</sup>. Витоки річок знаходяться на північно-західних схилах Головної гряди Кримських гір, а самі річки течуть зі сходу на захід майже паралельно одна до одної. Басейни річок мають витягнуту вздовж річок форму, розширену у верхній частині, де впадає основна кількість приток.

*Річки східної частини північного схилу Кримських гір:* річки цієї групи беруть початок на північно-східних схилах головної гряди Кримських гір. Потім вони перетинають поздовжню долину, Внутрішню гряду і виходять на степову рівнину. Впадають в затоку Азовського моря - Східний Сиваш. Слід зазначити, що водність річок у напрямку до гирла значно зменшується, і вони часто губляться на рівнині.

*Річки Південного берегу Криму:* тут протікають найкоротші річки Криму. Довжини річок, в основному, не перевищують 10 км. Найдовша річка Південного узбережжя - Таракташ, що протікає через місто Судак, має довжину 22 км. Невеликі й водозбірні площі цих річок, які становлять 20-50 км<sup>2</sup> у західній частині та 75-100 км<sup>2</sup> - в східній частині Південного берегу Криму [1].

## 1.2 Ґрунти та рослинність

Різноманітність природно-історичних умов формування Кримського півострова призвела до утворення ґрунтового покриву, різного за своїм розвитком, хімічним складом і водно-хімічними властивостями [1].

В основному ґрунтовий покрив представлений чорноземами південними, луговими, темно-каштановими, гірськими, дерново-карбонатними ґрунтами (рис.1.2). Значні площі в гірському Криму займають


гірські лісові щепеневі ґрунти. Вони сформувалися під буковими, дубовими, змішаними і сосновими лісами на верхніх, середніх і північних нижніх частинах схилів Головної гряди гір.




**Умовні позначки:**

**Типи ґрунтів**

**ОПІДЗОЛЕНІ ГРУНТИ (НЕЗМИТІ ТА ЗМИТІ) ПЕРЕВАЖНО НА ЛЕСОВИХ ПОРОДАХ**

7  Чорноземи опідзолені

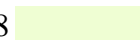
**ЧОРНОЗЕМИ ПІВДЕННІ (НЕЗМИТІ ТА ЗМИТІ) НА ЛЕСОВИХ ПОРОДАХ**

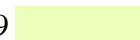
16  Чорноземи південні малоґумусовані та слабоґумусовані

**ЧОРНОЗЕМИ НА ВАЖКИХ ГЛИНАХ**

17  Чорноземи переважно солонцюваті на важких глинах


**ЧОРНОЗЕМИ ТА ДЕРНОВІ ГРУНТИ ЩЕБЕНЮВАТІ 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 ГРУНТИ НА ЛЕСОВИХ ПОРОДАХ**

26  Темно-каштанові солонцюваті ґрунти


27  Каштанові солонцюваті ґрунти в комплексі з солонцями



Рис. 1.2 Ґрунтовий покрив п-ва Крим [2]

На Південному березі до висоти 300-500 м, а також у західній частині передгір'я в поясі між чорноземами і гірськими лісовими бурими ґрунтами поширені коричневі гірські ґрунти сухих лісів і чагарникових заростей субсередземноморського типу.

*Рослинний покрив* Кримського півострову відрізняється великою різноманітністю. Тут спостерігаються найрізноманітніші типи рослинності, від пустельних солянкових співтовариств засолених низовин Присивашся і ковилово-типчакових степів Керченського півострова до дубових, букових і хвойних лісів, що формуються в гірських поясах. Платоподібна вершина головної гряди Кримських гір зайнята своєрідними густотравними луковими степами або луками (рис. 1.3).

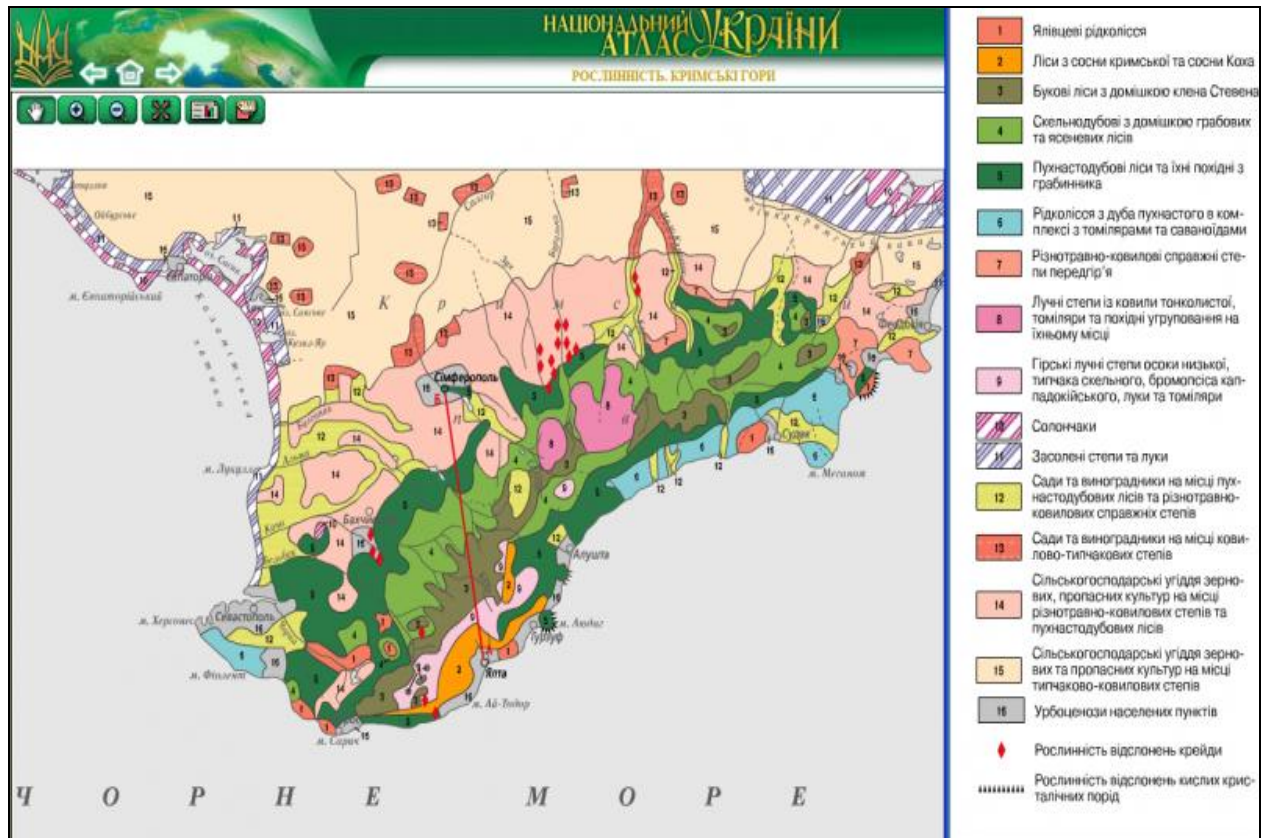


Рис. 1.3 Рослинний покрив Гірського Криму [2]

На більшій частині території рослинність дуже сильно піддавалася впливу людини. Майже вся степова (рівнинна) зона і значна частина передгір'їв в даний час вже розорані. Під впливом випасу худоби йде



деградація травостою в бік зростання ролі злаків і бобових, замість яких збільшується питома вага різних бур'янистих і рослин, непридатних до вживання. Ущільнення ґрунту при сильному, непомірному випасі веде до його висушування, в результаті чого на випасних ділянках починають з'являтися деякі рослини пустельного типу.

Вплив рослинності на формування поверхневого стоку найтіснішим чином пов'язаний із структурою рослинних угруповань, з їх видовим складом, тобто розподіл стоку в значній мірі обумовлено типологією рослинності.

Деревні, чагарникові і трав'яні співтовариства по-різному впливають на поверхневий стік. Навіть в межах кожного з цих типів співтовариств є значні структурні відмінності, а отже, і різні відносини до стоку. Проте до цих пір ще немає достатньо даних, які характеризували б найголовніші типи кримської рослинності як фактор стоку [1].

### 1.3 Кліматична характеристика

Особливості клімату Криму визначаються найголовнішими факторами кліматоутворення: радіаційним режимом, своєрідністю циркуляції атмосфери, впливом Чорного моря та характером рельєфу [1].

На формування клімату великий вплив має підстильна поверхня, тобто поверхня, з якою взаємодіє сонячне випромінювання і атмосфера. Так, температура ґрунту і приземного повітря залежить також від рослинного і снігового покриву. Густих трав'яний покрив зменшує добову амплітуду і середню температуру ґрунту, а отже, і повітря. Великий контраст при денному сонячному нагріванні і нічному охолодженні влітку характерний для поверхні, представленої темним ґрунтом, для асфальтованих майданчиків, галечникових пляжів.

*Радіаційний режим.* У зв'язку з тим, що Крим розташований у відносно низьких широтах, він отримує велику кількість сонячного тепла. Більше сонячного тепла Крим отримує влітку (40% річної суми) і навесні (30%), менше - восени (20%) і взимку (10%). У зимові місяці максимальні величини сумарної радіації спостерігаються в гірських районах. Влітку максимум сумарної радіації спостерігається на західному і східному берегах Криму, а в центрі півострова і особливо на північних відрогах гір в цей час має мінімум радіаційного балансу і сумарної радіації.

*Температурний режим.* За характером *температурного режиму* в Криму чітко виділяються три окремих райони:

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

З лютого починається підвищення температури. Особливо інтенсивно воно від березня до квітня і від квітня до травня; в ці місяці значно зростає сумарна сонячна радіація, зменшується хмарність, збільшується роль трансформації повітряних мас.

Літом підвищення температури сповільнюється. У липні на всьому Кримському півострові середня температура повітря становить 22-23°C, на Південному березі - 23-24°C, у передгір'ях вона знижується до 20-22°C, а на найбільш високих ділянках Кримських гір - до 16-17°C. Середня температура літніх місяців стійка, що пояснюється малою активністю процесів циркуляції.

З серпня починається невелике зниження середньої температури. У вересні зниження температури стає більш значним і охоплює весь Крим. Восени температура особливо різко падає від жовтня до листопада. У горах зниження температури, виражене в градусах на кожні 100 м висоти, становить: у січні - 0,65, у квітні - 0,57, у липні - 0,72, у жовтні - 0,55 і за рік - 0,62 [1;3].

Що стосується абсолютних максимумів, то згідно з [3] в Криму щорічно (98-100 %) відмічається температура повітря 30°C і вище, у 60-80 % - температура 35°C і вище і рідко 40°C та вище (один раз у 50-100 років). Внаслідок пом'якшувального впливу моря ймовірність небезпечних температур на досліджуваній території значно зменшується. В результаті число днів з низькою температурою повітря становить 20-30, тривалість 300-450 год. Температура -25°C спостерігається у 20-30 % років, а температура нижче -30°C і нижче відмічається з 1-2 %-ною ймовірністю.

*Атмосферні опади.* Однією з найважливіших складових формування гідрологічного режиму річок є опади.

За кількістю опадів, що випадають, Крим можна розділити на чотири райони [1;4]. У першому, самому посушливому, куди входить північно-західне узбережжя, крайня північна частина Криму і прибережна смуга Керченського півострова, середньорічна кількість опадів близько 350 мм. Другий район, який представляє рівнинно-степову частину Криму до передгір'їв і внутрішню частину Керченського півострова, також порівняно сухий - річна кількість опадів 350-450 мм. Третій - передгірний, більш вологий район з верхньою межею по північно-західному схилу на висоті 400-450 м, а в східній половині Південного берега (м.Алушта - м.Феодосія); опади тут порядку 450-600 мм на рік. В передгірний район включається також підрайон Південного берега від мису Сарич до м. Алушти з верхньою межею 350 м. Він відрізняється великою верхньою межею річних сум опадів (до 800 мм). Четвертий - гірський, дуже вологий район з опадами більш 600 мм.

У Криму 80-85% річної суми опадів випадає у вигляді дощу. На частку твердих опадів припадає менше 10%, а змішаних - 5-8%. Число днів з дощами коливається від 80-130 в степових районах, до 150-170 - в горах. Влітку в Криму спостерігається не більше 5-10 днів з дощами за місяць.

Формування паводків дощового походження пов'язане з випаданням опадів зливого характеру, але, як відомо, зливи охоплюють порівняно невеликі за площею водозбори [5].

У результаті аналізу стихійних метеорологічних явищ за останні роки в монографії [6] на території України виділені такі типи зливових дощів:

- 1) дуже сильний дощ з кількістю опадів 30 мм і більше за 12 годин і менше;
- 2) дуже сильний дощ з кількістю опадів 50 мм і більше за 12 годин і менше;
- 3) сильна злива з кількістю опадів 30 мм і більше за 1 годину та менше;
- 4) тривалий дощ з кількістю опадів 100 мм і більше за 1-3 доби.

Максимальна кількість випадків сильного дощу спостерігалась в 1989, 1997, 1999, 2002 та 2004 роках. Мінімальній кількості випадків відповідають 1986 та 1993 роки. Для території Криму найбільша повторюваність (51,8%) характерна для літнього сезону. Максимум сильних дощів припадає на серпень (21,6%), липень (15,8%), дещо менше – на червень (14,4%). Мінімум припадає на березень та квітень (1,4%) [6].

Дощі з кількістю опадів 50мм і більше також відмічались на досліджуваній території. Проте чіткої просторово-часової закономірностей їх випадіння не виявлено [6]. Максимальна кількість випадків сильного дощу спостерігалась в 1988, 1989, 1999 роках. Мінімальній кількості випадків відповідають 1986 та 1993, 1994, 2005 роки. У річному ході максимумів їх випадіння припадає на серпень (35%), липень та вересень (24%), дещо менше (20%) на червень. Такі дощі з кількістю опадів 50 мм і більше відмічаються в Криму по 8 випадків на рік [6].

Сильні зливи також характеризуються значною просторовою неоднорідністю і різною кількістю пунктів, де вони зафіксовані. Таку особливість пояснюють характером та інтенсивністю атмосферних процесів, фізико-географічними особливостями території та порою року. Особливо значна кількість таких злив спостерігалась у 1991, 1997, 1999, 2002, 2004 та 2005 рр.

До тривалого дощу відносять кількість опадів 100 мм і більше за 1-3 доби. Такий дощ завдає значних збитків різним галузям економіки. Тривалий дощ супроводжується підтопленням території, різного роду розмивами ґрунту, знесенням мостів, гребель та інших споруд. Максимальна кількість випадків тривалого дощу спостерігалась в 1991 році.

Узагальнення відомостей про розподіл кількості максимальних опадів, що формують паводки теплового періоду [1] наводиться в табл.1.1.

Таблиця 1.1

## Розподіл кількості опадів на території Гірського Криму

Максимальні опади, що формують паводки теплового періоду	
Шар стоку, мм	% від загальної кількості
<30	4,55
31-50	18,18
51-70	22,73
71-90	27,27
91-110	4,55
111-130	9,09
131-150	9,09
>150	4,55

За даними табл.1.1 побудована діаграма (рис.1.4). Аналізуючи діаграму, можна відзначити, що на розглянутій території найбільш часто спостерігається максимальна кількість опадів в межах 71-90 мм (27,3%), також характерними для формування паводків теплового періоду є опади в межах 31-70 мм (у сумі частота їх появи становить 40,9%).

В цілому розподіл опадів по території Криму має досить нерівномірний характер (рис.1.5). Кількість опадів, що випадають на територію, відрізняється великою мінливістю в просторі і в часі, що обумовлено своєрідним морським оточенням і змінюється від 350 мм (рівнинний Крим) до 1300 мм (Гірський Крим) на рік.

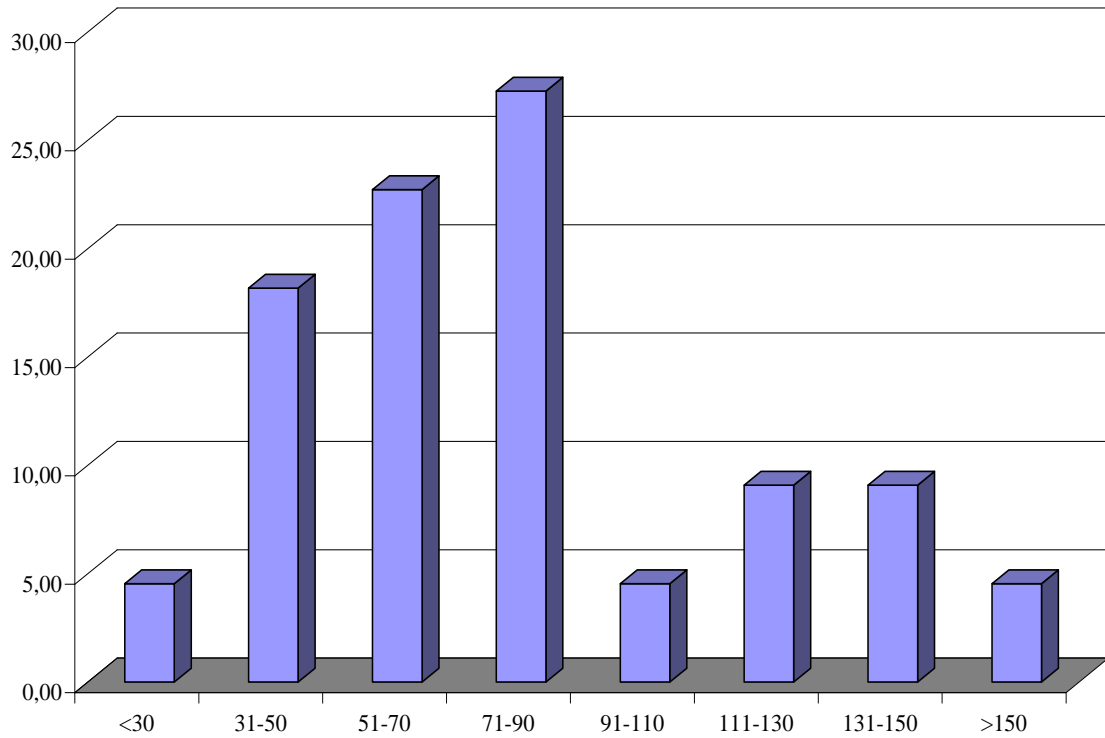


Рис. 1.4 Розподіл опадів теплого періоду року на території Криму: вісь абсцис - шар опадів, мм; вісь ординат - відсоток від загальної кількості.

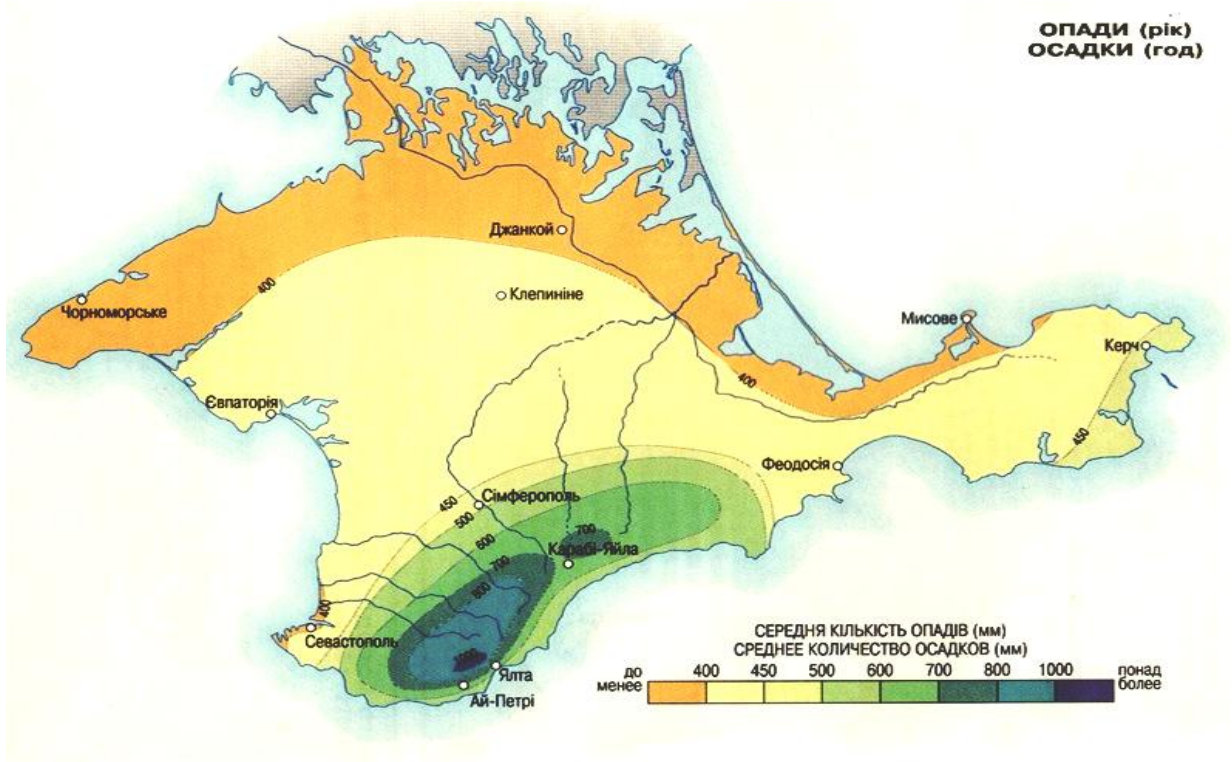


Рис.1.5 Розподіл суми річних опадів по території Кримського півострова,мм [2]

Як показано на рис.1.6, розподіл опадів 1% -ї забезпеченості [7] також має нерівномірний характер залежно від експозиції схилу.

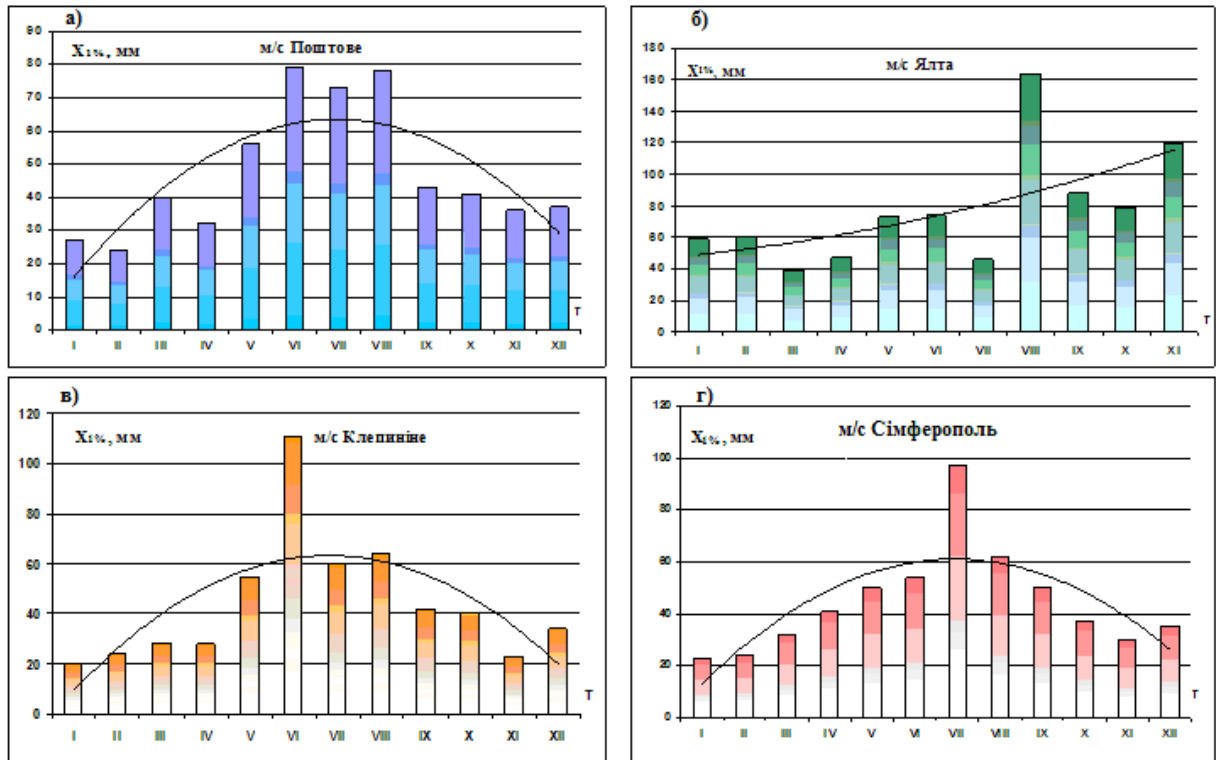


Рис.1.6 Внутрішньорічний розподіл опадів 1%-ї забезпеченості перевищення по території Кримського півострова: а) північно-західний схил Кримських гір; б) Південний берег Криму; в) Степовий Крим; г) північно-східний схил Кримських гір.

Для метеостанції Поштове (північно-західний схил) максимальна кількість опадів 1%-ї забезпеченості властива теплому періоду року, а саме літнім місяцям. Для Південного берега Криму спостерігається тенденція до збільшення опадів у холодний період року, але максимум все ж спостерігається в серпні. Для станції Сімферополь, розташованої на північно-східному схилі Кримських гір, розподіл досить рівномірний, а максимальна кількість опадів 1%-ї забезпеченості характерна для липня. Для степової частини розглянутої території характерне зсування максимуму на більш ранній період – червень [8;9].

В останні роки при аналізі умов формування стоку річок виникає необхідність врахування змін клімату. Для аналізу можливих тенденцій в у часовому ході метеорологічних величин використовувались дані про опади та температуру повітря за червень та липень с періодом спостережень від 1961 по 2013 рр. включно, по трьом станціям розташованим на різних схилах Кримських гір. Хронологічні графіки представлені на рис.1.7-1.10.

Аналізуючи хід температури повітря, слід відмітити, що з 1961 по 1989-1990 рр. особливих змін не спостерігалось, але с 1994 відбувається активне підвищення температури, як за червень так й за липень місяць. Коефіцієнти кореляції у всіх випадках значущі (коефіцієнт кореляції вважається значущим, якщо виконується умова  $r > 2\sigma_r$ , де  $\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$  - середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта кореляції) (табл.1.2).

Таблиця 1.2

Оцінка значущості трендів у ході температури повітря та опадів на метеостанціях Гірського Криму

Станція	Температура, $t^{\circ}\text{C}$		Висновок	
	червень	липень	червень	липень
Нижньогірський	$r = 0,72$	$r = 0,79$	значущий	значущий
Поштове	$r = 0,77$	$r = 0,82$	значущий	значущий
Ай-Петрі	$r = 0,66$	$r = 0,72$	значущий	значущий
Станція	Опади $X$ , мм		Висновок	
	червень	липень	червень	липень
Нижньогірський	$r = 0,07$	$r = 0,19$	не значущий	значущий
Поштове	$r = 0,27$	$r = 0,05$	значущий	не значущий
Ай-Петрі	$r = 0,06$	$r = 0,20$	не значущий	значущий

На відміну від температури повітря, в хронологічному ході опадів за червень та липень значущі тренди спостерігаються лише у 50% випадків (табл.1.2). Тобто відбувся певний перерозподіл опадів між місяцями в



результаті якого на північно західному схилі збільшилась кількість опадів у червні, а на двох інших схилах - у липні.

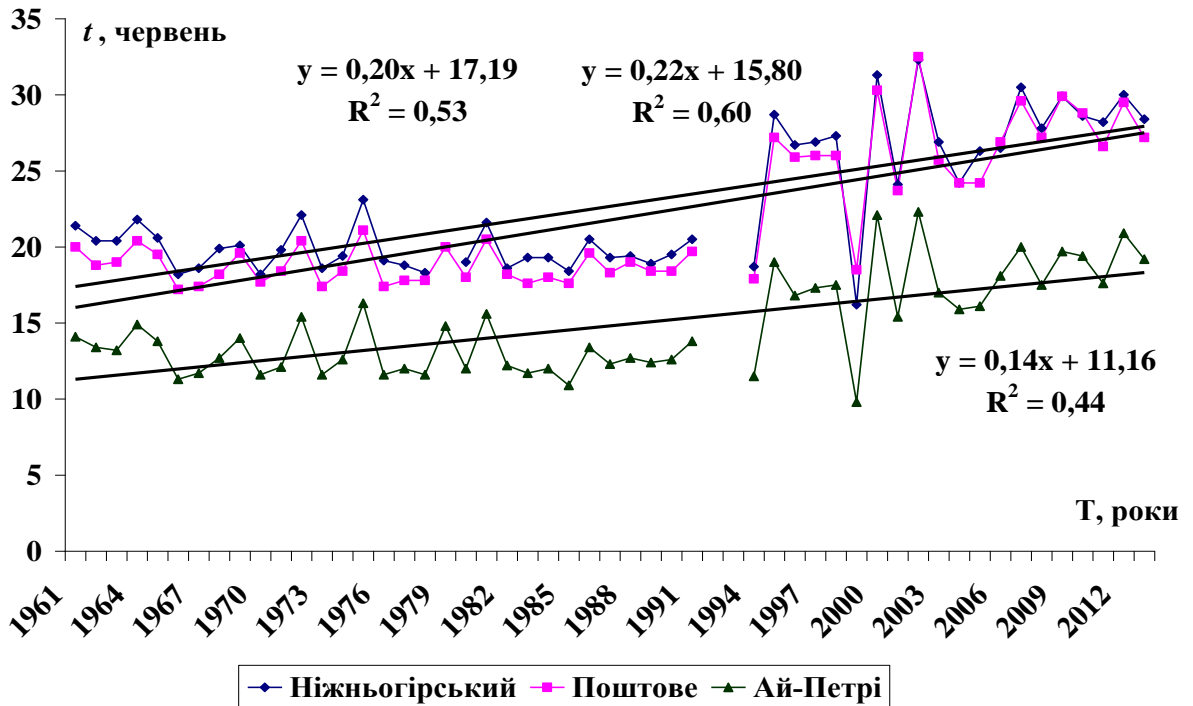


Рис.1.7 Хронологічний хід температури повітря за червень для метеостанцій Гірського Криму

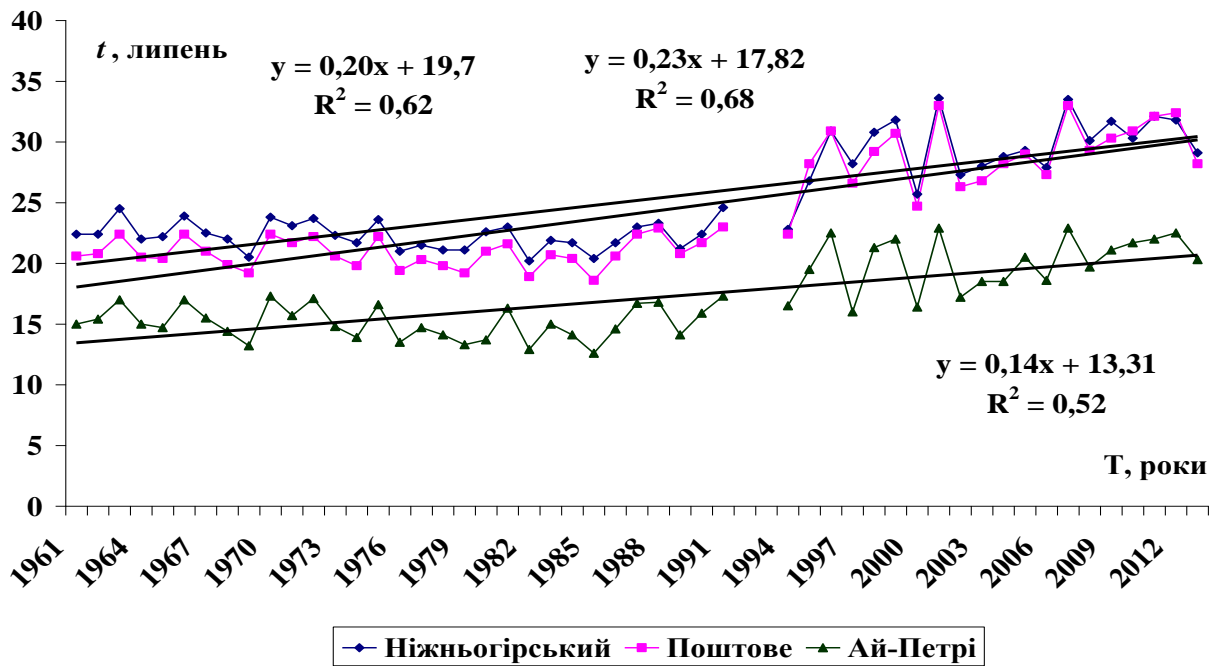


Рис.1.8 Хронологічний хід температури повітря за липень для метеостанцій Гірського Криму

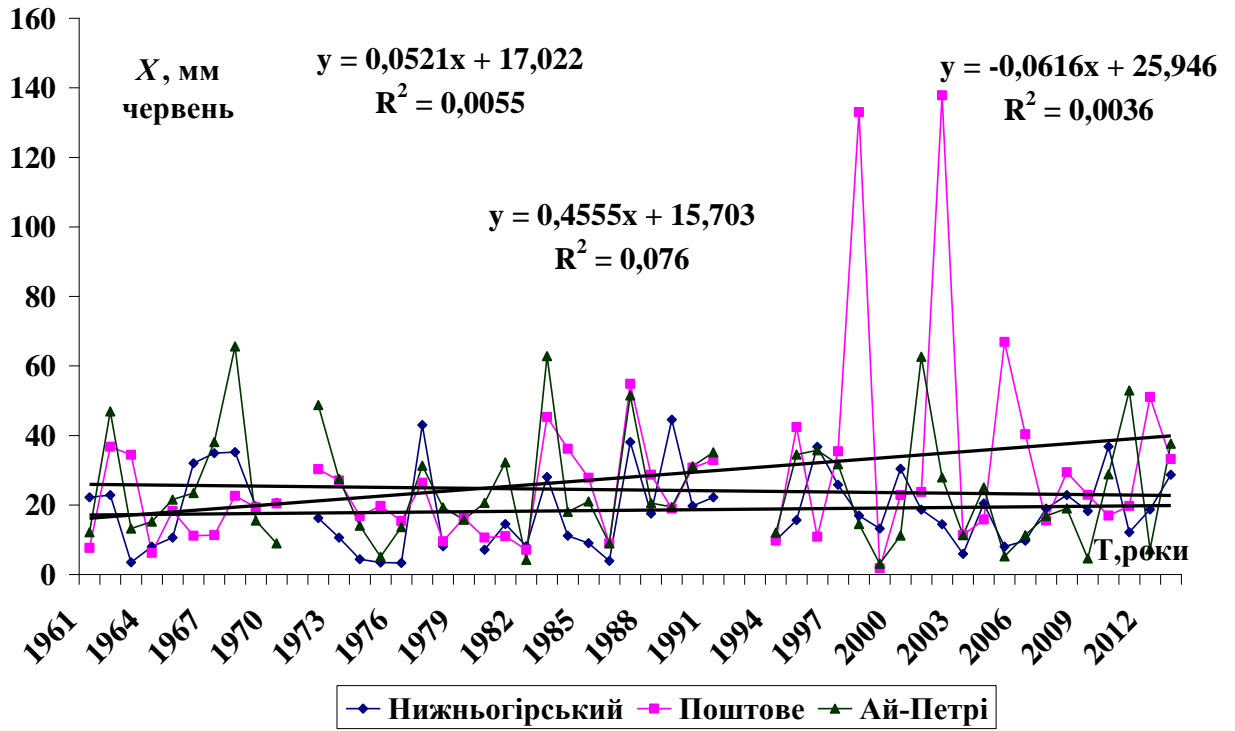


Рис.1.9 Хронологічний хід опадів за червень для метеостанцій Гірського Криму

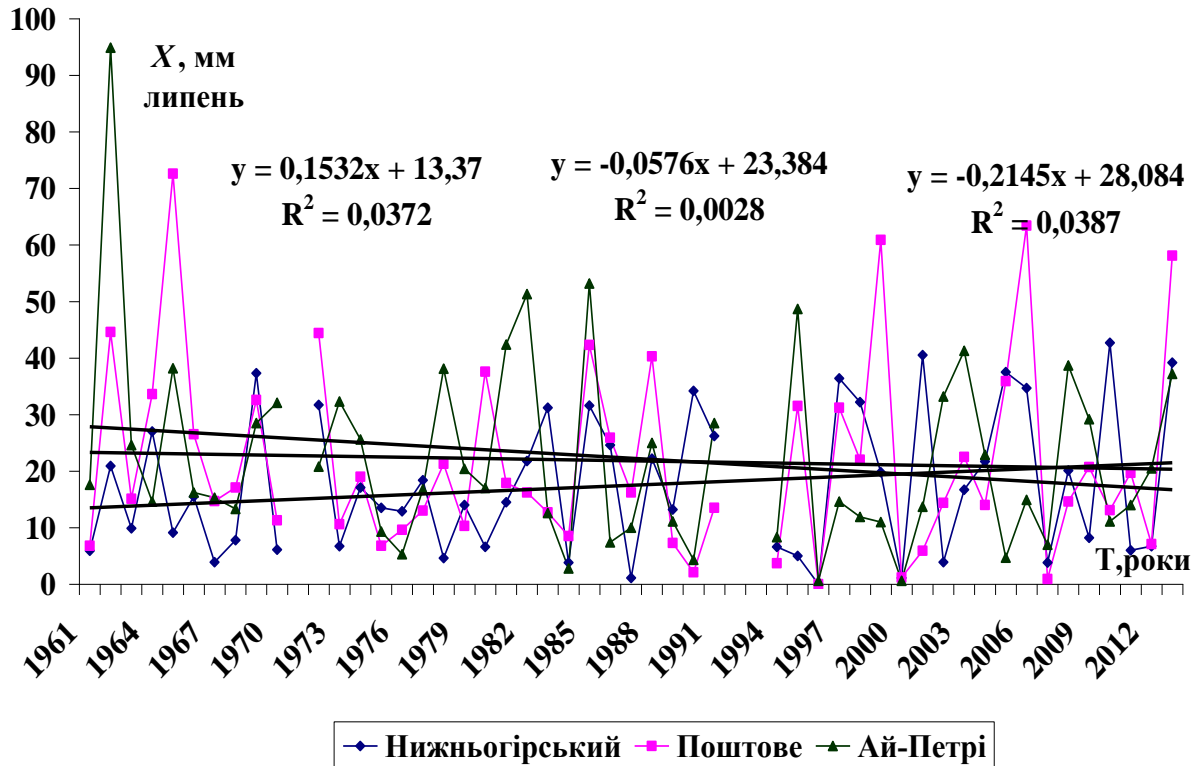


Рис.1.10 Хронологічний хід опадів за липень для метеостанцій Гірського Криму

Таким чином, формування катастрофічних паводків різного походження на території Криму можливе протягом усього року, але переважна більшість максимальної кількості опадів все ж спостерігається у теплий період року.

#### 1.4 Вплив карсту на водний режим річок Гірського Криму

Карст - південнослов'янське слово і в перекладі означає "країна каменів", тобто кам'яниста місцевість, покрита воронками, печерами, провалами й ін. Тому підземні води, циркулюючі в порожнинах вапняних та інших розчинних порід, отримали назву карстових. Карст поширений в гірській частині Криму. 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].

У Гірському Криму, переважно в західній його половині, Яйлинські масиви, куди не заходять навіть верхів'я ерозійних систем, є безстічними областями. Території, де поверхневий стік поглинається карстовими порожнинами, утворюються 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 і ступеня його впливу на умови формування стоку носять якісний, а не кількісний характер [10].

Крайня нерівномірність розповсюдження поверхневих карстових форм і тріщинуватих карбонатних порід на гірських плато зазвичай передбачає значні ускладнення у розподілі поверхневого стоку в карстових районах у порівнянні з територіями, які складені не карстовими породами.

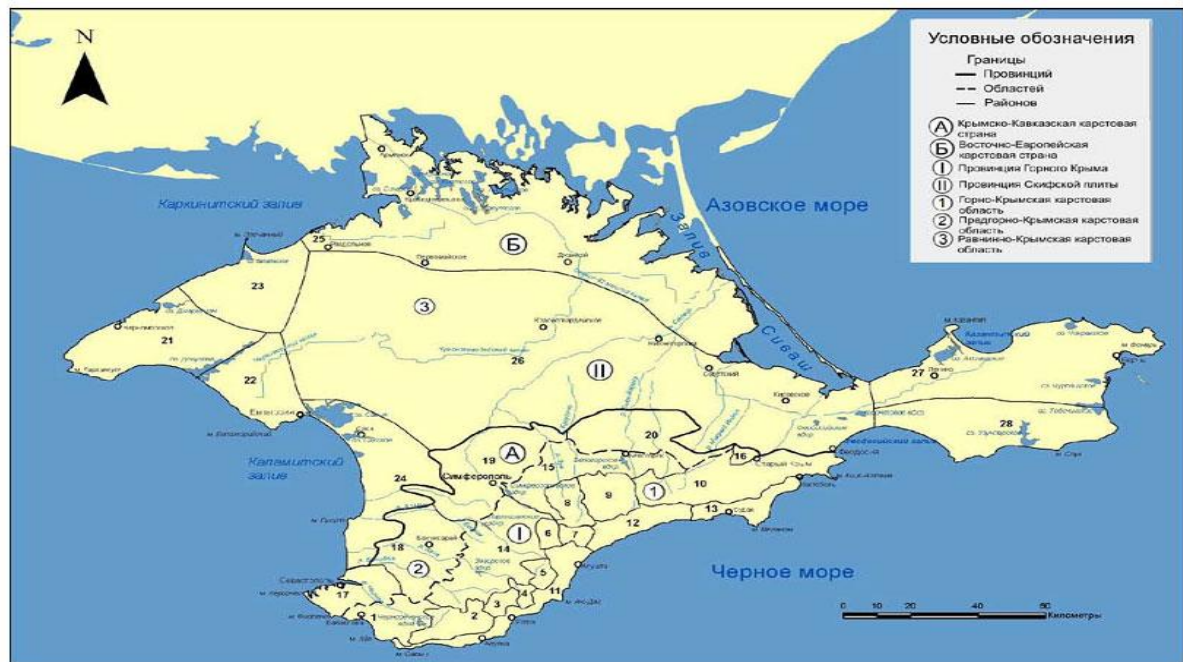
Розподіл стічних і безстічних територій на Кримському нагір'ї в області поширення карбонатних порід пов'язаний з певними закономірностями розвитку гірського рельєфу. До стічних територій відносяться: схили гірських масивів, на яких розвинена ерозійна мережа верхів'їв річок.

У 1960 р. Інститутом мінеральних ресурсів спільно з Кримською гідрометеорологічною обсерваторією, а також Інститутом гідрології та гідротехніки АН УРСР були проведені польові дослідження Гірського Криму. У процесі польових робіт на водозборах річок Узунджи і Бельбек були отримані дані, які підтвердили уявлення карстологів про періодичність поверхневого стоку в ерозійній мережі схилових водозборів і про можливість його значного поглиблення. Водоносні горизонти, які розвантажуються в русла річок, утворюють області розвантаження карсту у вигляді поверхневих джерел і дають початок багатьом річкам Криму (р.Чорна, Бельбек, Біюк - Карасу, Салгирка та ін.) [1;11;12;13].

Районування карсту - самостійна проблема, при якій більше уваги приділяється вивченню факторів формування та еволюції карстових систем, їх генезису, структури, диференціації та ін., що необхідно для виявлення їх регіонально-індивідуальних рис. Одну з перших схем карстологічного районування Криму виконав Б.І.Іванов (1961) [14]. Ним виділені Рівнинно-Кримська, Передгірно-Кримська і Гірсько-Кримська карстові області.

У 2004 р. карстологічне районування Гірського Криму і Кавказу виконав Б.А.Вахрушев [14]. Вперше районування Кримсько-Кавказької гірничо-карстової країни представлено на єдиному аркуші. У його основу покладені елементи раніше виконаних схем районування. Згодом ним же була представлена окрема схема карстологічного районування Криму (рис.1.11), що повторює в загальних рисах схему 2004 [14].

Відповідно до районування Б.А.Вахрушева, Гірський Крим входить до Кримсько-Кавказької карстової країни (провінція Гірського Криму).



Умовні позначення:

*A. Кримсько-Кавказька карстова країна.*

I. Провінція Гірського Криму.

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

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

*B. Східно-Європейська карстова країна.*

II. Провінція Скіфської плити.

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

Рис.1.11 Схема районування карсту Кримського півострова [14]

Як відзначається у [15], дослідження впливу карсту на стік річок має велике наукове та практичне значення для вирішення низки важливих завдань, пов'язаних з гідротехнічним будівництвом у карстових районах, а також з проблемами водопостачання та водовідведенням.

Питаннями впливу карсту на поверхневий і підземний річний стік річок Криму останнім часом займалася професор Лобода Н.С. зі своїми учнями [13;16]. В цих дослідженнях, зокрема зазначається, що область розвантаження карстових вод визначає характерні особливості водного режиму річок, які не пов'язані з кліматичними умовами. Г.А. Максимович [17] і В.А. Балков [18-20] розглядали в своїх роботах вплив карсту на стік річок, в яких описується вплив карсту на поверхневий стік, а саме зменшення максимального та збільшення мінімального.

### 1.5 Сучасний водний режим річок досліджуваної території

Кримські річки не схожі на річки інших областей України. Їх довжини, площі водозбірних басейнів, а також об'єми стоку невеликі, однак загальна протяжність річок Криму досягає 5996 км.

Практично всі річки Криму (92,1%) мають довжину менше 10 км, але в сумі це приблизно половина загальної довжини всіх кримських річок. Влітку кримські річки часто пересихають, але при випаданні рясних опадів перетворюються на бурхливі потоки .

Найбільш багатоводні кримські річки - Бельбек, Чорна і Біюк-Карасу та Салгир. Гідрографічна мережа розвинена вкрай нерівномірно; тут можна знайти значні простори, позбавлені постійно діючих водотоків, в інших районах малі річки та струмки дуже часті. Якщо враховувати всі річки і тимчасові водотоки, то середній коефіцієнт густоти річкової мережі для всієї території становитиме 0,22 км/км<sup>2</sup>.

Найбільшого розвитку річкова мережа досягає на висотах 600-1100 м абс., де зосереджена основна маса джерел, що дають початок струмкам і річкам. Густота річкової мережі становить тут 0,7 км/км<sup>2</sup>.

За своїм водним режимом, згідно з класифікацією Б.Д.Зайкова [1], річки Криму відносяться до річок з паводковим режимом кримського підтипу: паводки спостерігаються переважно в зимово-весняний період. У річному ході рівнів на річках виділяється два періоди: паводковий зимово-весняний або холодний (високі рівні води) і меженний літньо-осінній або теплий (низькі рівні води). У паводковий період проходить 80-95 % усього річного стоку.

Враховуючи розподіл річок на групи за фізико-географічним умовам формування поверхневого стоку, внутрішньорічний розподіл стоку по групах річок залежить, головним чином, від живлення річок, які мають змішане живлення: дощове, сніго-дощове і підземне. Дощове живлення є основним або переважаючим для всіх річок. Наступне за значущістю - це підземне живлення. Деякі річки (Біюк-Карасу, Кучук-Карасу, Чорна та ін.) мають значний відсоток цього живлення. Для річок північно-західних схилів Кримських гір велике значення має снігове живлення.

Водний режим річок Гірського Криму у зв'язку з його порівняно невеликою висотою характеризується в цілому досить одноманітними гідрологічними умовами. На водний режим в першу чергу впливають тріщинуваті вапняки, регулюючи поверхневий і підземний стік. Крім того, однією з особливостей річок Криму є різка деформація їх русел. І нарешті, природний режим більшості річок спотворюється регулюючим впливом штучних водойм, а також забором води на зрошення. У зв'язку з цим відзначаються відмінності у водному режимі для різних водотоків і навіть по довжині однієї і тієї ж річки [1].

В даний час істотний вплив на формування поверхневого стоку все більший вплив стали мати антропогенні фактори, які впливають безпосередньо на саму річку (кількість і якість води в ній) або змінюють

умови на водозбірному басейні. До основних чинників антропогенного впливу в Криму можна віднести: зарегулювання стоку штучними водоймами, забір води на споживання її населенням [20]. Розораність земель у басейнах річок призводить до ерозії ґрунту та замулення русел річок, що в свою чергу, веде до їх заростання. Заасфальтовані території населених пунктів призводять до швидкого стікання поверхневих вод, формуванню короткочасних катастрофічних паводків і відсутності подальшого підживлення річок, що є причиною їх пересихання у літній період.

Максимальні витрати води річок району формуються в літньо-осінній період від злив. Максимум для більшості річок спостерігається в теплий період і для деяких з них може перевищувати зимово-весняний в 2-4 рази (річки Бельбек, Демерджі, Зуя та ін.). Для річок території характерне зменшення максимальних витрат води після виходу з гір і передгір'їв до гирла, що пояснюється, крім природної трансформації паводків на безприточних ділянках, втратами води в карст, забір на зрошення, заповнення ставків і водосховищ. Найбільші річні суми опадів і низькі температури повітря мають місце на вершинах Головної гряди Кримських гір - на яйлах; однак наявність закарстованих вапняків обумовлює відсутність тривалого поверхневого стоку. Область максимального стоку знаходиться в зоні, де сприятливі для формування річкового стоку гідрометеорологічні умови посилюються найбільшим виходом ґрунтових (карстових) вод.

Для ілюстрації водного режиму річок досліджуваної території побудовані гідрографи стоку, на яких добре виражені паводки теплового періоду (на прикладі річок Салгир, Дерекойка, Чорна).

На річці Салгир водний режим характеризується яскраво вираженими паводками протягом року (рис.1.12.), які зумовлені літніми та зимовими паводками внаслідок випадання дощів влітку і таненням снігу навесні.

Річки Дерекойка і Чорна характеризуються вираженими паводками та низькою меженню (рис.1.13,1.14.), паводки зумовлені випаданням дощів влітку.



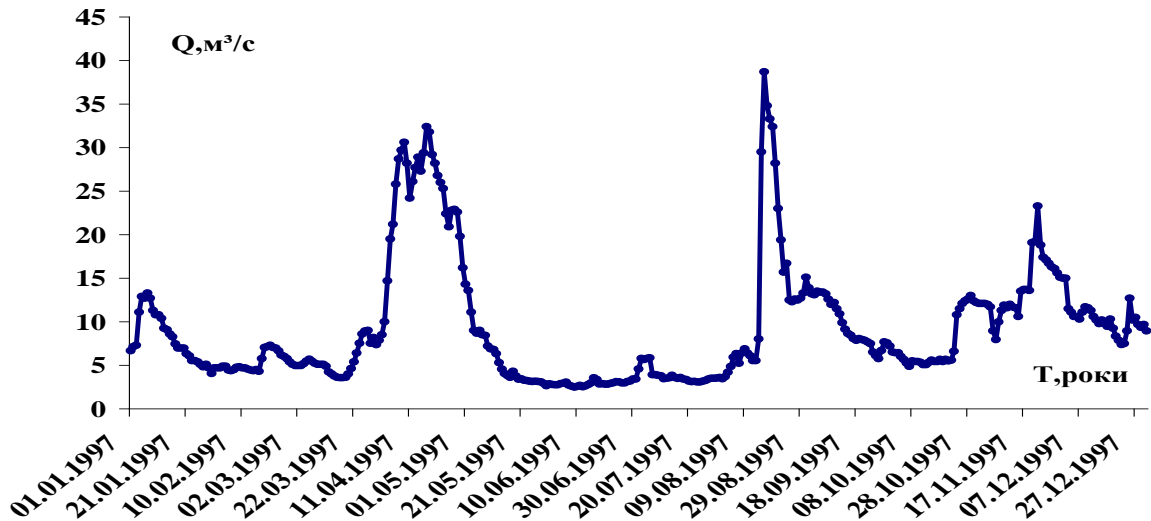


Рис. 1.12 Гідрограф стоку р.Салгир - с.Листв'яне, 1997 р.

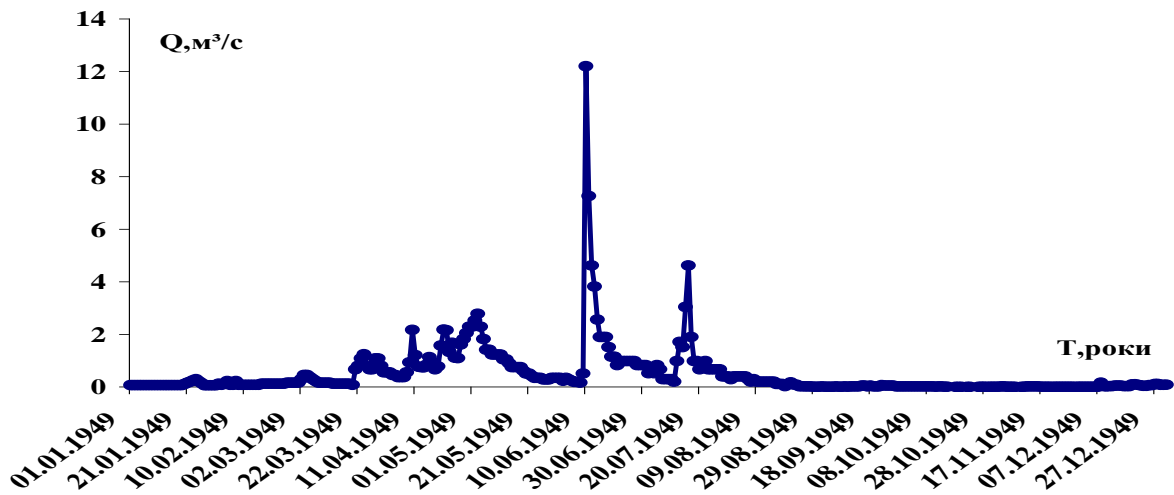


Рис. 1.13 Гідрограф стоку р. Дерекойка - м.Ялта, 1949 р.

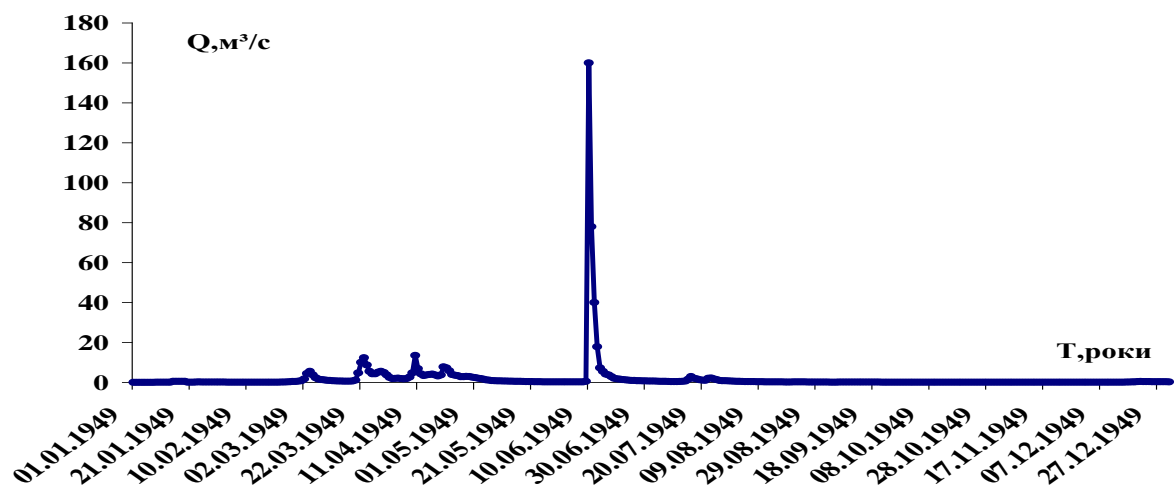


Рис. 1.14 Гідрограф стоку р.Чорна – у гори Кизил-Кая, 1949 р.

Аналізуючи гідрографи річок різних регіонів Криму, можна відзначити, що паводки теплого періоду року на річках спостерігаються не одночасно. Так на річках західної частини північного схилу Кримських гір максимальні витрати води теплого періоду спостерігаються найчастіше в квітні-липні. На річках південного берегу Криму найчастіше - з квітня по серпень, а на річках східної частини північного схилу - навесні. У басейні Салгира високі рівні проходять зазвичай навесні і в кінці лютого, в березні і квітні.

Відповідно до класифікації П.С. Кузіна [22], на розглянутій території виділяються річки двох основних гідрологічних зон:

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

Річки гірсько-лісової зони помірного клімату з весняною повінню і паводками в іншу частину року властиві західним і північним схилам гірської частини Криму. Вони течуть як на захід, впадаючи в Чорне море, так і на схід, у напрямку до Азовського моря.

Річки гірсько-лісової зони теплого клімату з паводковим режимом протягом усього року в основному властиві лише Південному берегу Криму. Це дуже малі водотоки, які отримують воду переважно під час дощів.

Основним джерелом живлення річок першої, верхньої зони, є снігові, дощові й частково підземні води, а другої, нижньої зони - дощові і частково джерельні води. Внаслідок переважання дощового живлення водний режим річок Гірського Криму характеризується різкими коливаннями рівнів і витрат води [22].

Дослідженням сучасного водного режиму річок України та можливих тенденцій в його змінах активно займаються вітчизняні вчені. Найбільш повним є ландшафтно-гідрологічне районування України, розроблене В.В. Гребінем [23], схема якого представлена на рис.1.15.

Згідно з В.В. Гребінем, територія Криму входить до Причорноморсько-Приазовської ландшафтно-гідрологічної провінції (Кримський низовинний ландшафтно-гідрологічний район, IV-3-г) та Кримсько гірської ландшафтно-

гідрологічної країни (Гірськокримська ландшафтно-гідрологічна провінція, VI-1).

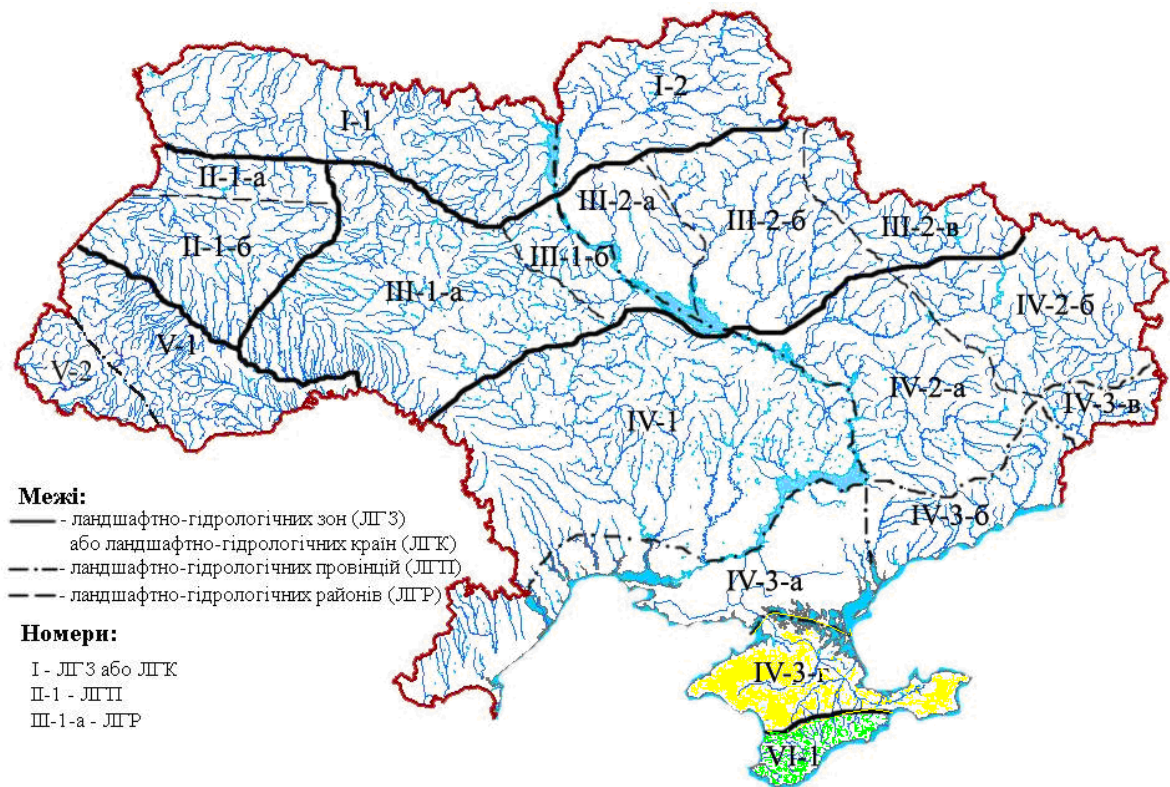
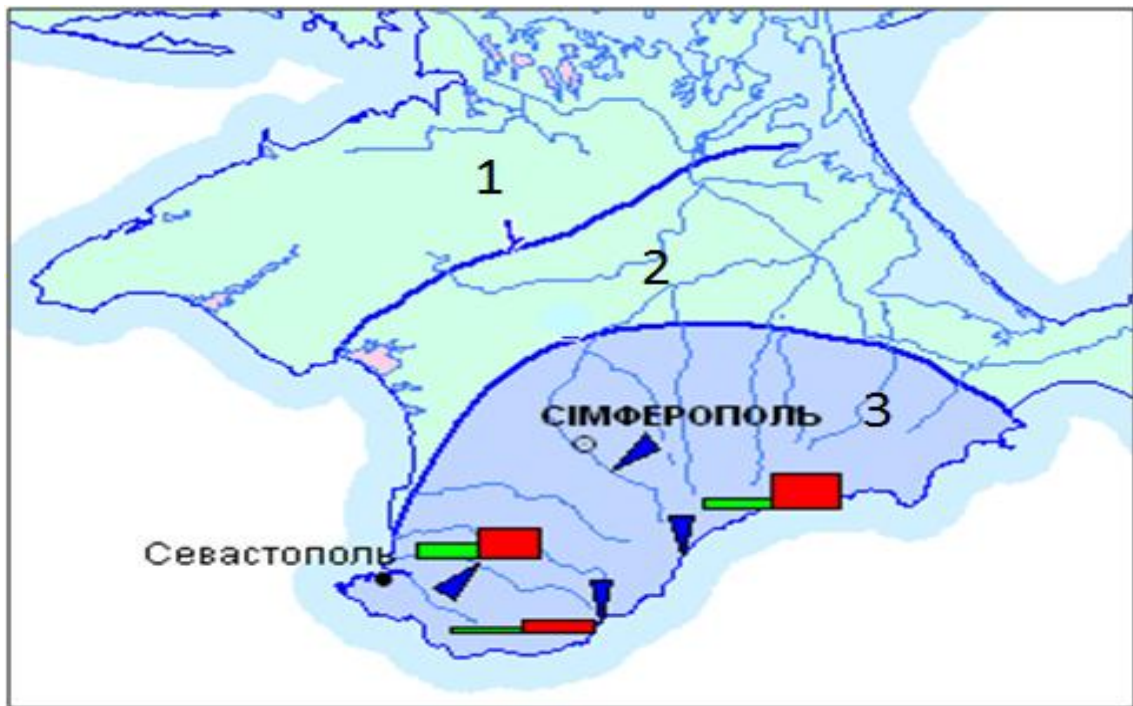


Рис. 1.15 Схема ландшафтно-гідрологічного районування України [23]

Причорноморсько-Приазовська ЛГП охоплює водозбори р.Салгир та р.Біюк-Карасу, що беруть початок у гірській частині Кримського півострову. Дана провінція характеризується незначним розвитком річкової мережі. Норма річного кліматичного стоку змінюється від 10 до 20 мм [24].

Гірськокримська ЛГП характеризуються поширенням горбисто-улоговинних низькогірних та глибоко розчленованих середньогірських ландшафтів. Згідно [24], норма річного кліматичного стоку змінюється від 10 мм біля підніжжя гір до 160 мм - на вершинах Головного пасма.

Абсолютні максимуми формуються в теплий період року при випаданні рясних дощів і можуть у 200 - 400 разів перевищувати середньорічні витрати (рис.1.16) [25].



Умовні позначення:

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

Рис. 1.16 Підйоми рівнів води під час паводків (м) [2].

*Тенденції в змінах водного режиму.* Згідно з [26], в кінці XX і на початку XXI століття в помірних широтах Європи помічено зростання меридіональної і послаблення зональної циркуляції. На території України деформація циркуляційних процесів зумовила зміну районів формування циклонів, траєкторій їх переміщення та інтенсивність. Зміни районів формування, траєкторій переміщення, швидкості та глибини циклонів призводить до певного перерозподілу кількості опадів по території.

В.В. Гребінем [23] проведено аналіз розподілу максимумів паводків теплого періоду року за виділених ним характерних періодів в межах ландшафтно-гідрологічних провінцій (до 1989 р. та 1989-2008 рр.) (табл.1.3).

Отримані результати показують, що впродовж останніх двадцяти років у Причорноморсько-Приазовській ЛГП відбулось зменшення літніх дощових максимумів, а в Гірськокримській ЛГП, навпаки, відбувся приріст із попереднім періодом.

## Сезоний розподіл (%) дощових максимумів, за В.В.Гребінем [23]

Ландшафтно-гідрологічна провінція	Сезон		
	весна	літо	осінь
Причорноморсько-Приазовська ЛГП	34/45	57/43	9/12
Гірськокримська ЛГП	43/31	37/45	20/24

Примітка: чисельник – до 1989 р., знаменник – 1989-2008 рр.

Як описано у [23], суттєвих змін зазнали і величини максимальних витрат води паводків теплого періоду року. Для рівнинної частини впродовж останніх двадцяти років максимальні витрати води зменшились на 20%. Більш суттєві зміни відбулись в Гірськокримській ЛГП, де максимальні витрати води зросли на 79%.

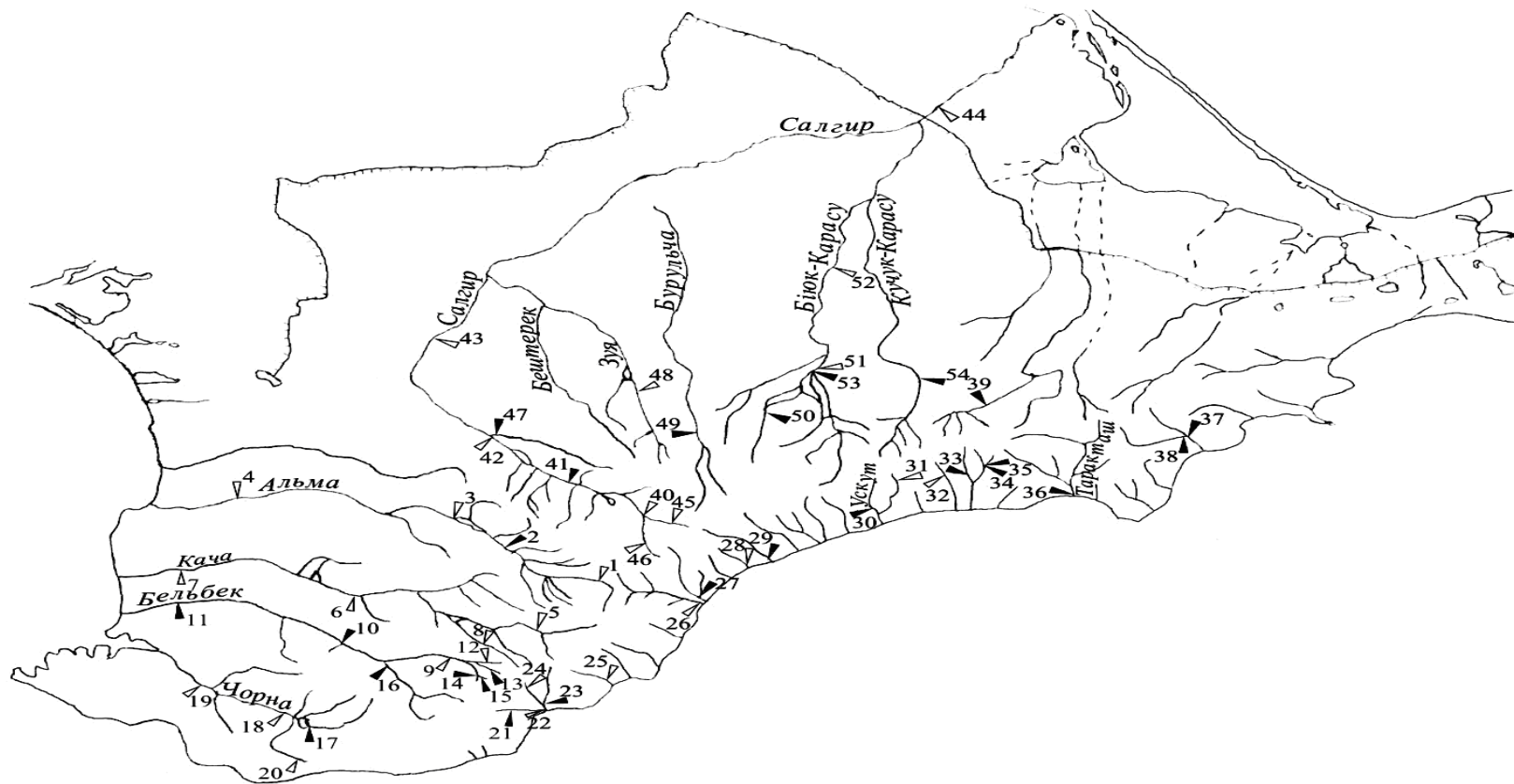
*Гідрологічна вивченість.* Перші відомості про кримські річки і їх назви з'явилися в "Книге Большого Чертежа", в якій надавався опис найбільшої (незбереженої) карти (1627 р.). Пізніше було видано декілька карт, серед яких заслуговує на увагу карта, складена Ф. Чорним в 1790 році. На ній показана гідрографічна мережа Криму з назвами. У першій половині ХІХ ст. всі відомості про річки Криму обмежувались лише даними про їх протяжність, ширину і глибину русла під час підйому рівнів води в місцях їх перетину дорогами. Стационарні гідрометричні спостереження вперше почали проводитись в 1887 р. І.К.Сікорським. На жаль, дані не збереглися. У 1910–1911 рр. була складена Програма водних досліджень (за участю М.В. Рухля). З 1911 р. були розпочаті систематичні гідрологічні дослідження на чолі з К.Д. Кельтсером. З 1913 по 1918 рр. відкривається 80 гідропостів. У 1913–1914 рр. проводилися гідрологічні дослідження з метою спорудження греблі і водосховища у верхів'ях Салгира. У 1916 р. витрати води вже

визначалися на 120 річках та балках і на 1200 джерелах. Але спостереження велися нерегулярно, водомірні пости часто переносилися внаслідок їх руйнування паводками. Витрати води вимірювалися поплавками, водозливами і водомірними лотками. На початок 1922 р. діяло всього лише 7 гідропостів. В період з 1922 по 1935 рр. гідрологічні експедиції очолював Д.І.Кочерін. З 1936 р. по річках СРСР, в тому числі й Криму, почали публікуватися "Гідрологічні щорічники" з систематизованими даними спостережень. До того часу гідрометричних спостережень на 50-ти гідропостах були охоплені майже всі значні річки Криму.

Під час Другої Світової війни гідрологічна мережа скоротилася до 18 гідропостів. Після звільнення Криму, з травня по жовтень 1944 р., майже вся гідрологічна мережа була відновлена і до 1950 р. складалася з 43 гідропостів. В 60-і роки стаціонарна гідрологічна мережа Криму налічувала вже 55 гідропостів, результати спостережень яких увійшли в довідники під загальною назвою "Ресурси поверхневих вод СРСР" (1963 – 1985 рр.). В 90-ті роки ХХ ст. з економічних міркувань пройшла хвиля скорочення гідропостів. Всього ж за час існування гідрометричної мережі в Криму в різний час був відкритий 191 гідропост. Більшість з них мають тривалість спостережень 11 - 30 років. Зараз кількість гідропостів Криму становить 34 [27].

На досліджуваній території розташовано 54 гідрологічні пости (рис.1.17) з площами водозборів від 0,32 км<sup>2</sup> (б. Скеляста - с. Міжріччя) до 3540 км<sup>2</sup> (р.Салгир - с.Листв'яне). Період спостережень на постах змінюється від 17 років (р.Альма - с.Карагач) до 82 (р. Су-Індол - с.Тополівка). Основні гідрографічні характеристики для річок Гірського Криму приведені в додатку А.1.

Аналізуючи діапазон площ водозборів річок, на яких ведуться спостереження, можна відзначити, що їх більша частина відноситься до категорії малих - 53 із 54 або 98,2%.



Умовні позначки: ▼ - гідрологічний пост

Рис. 1.17 Карта-схема розміщення гідрологічних постів, дані по яких були використані в роботі

На річках, які можна віднести до категорії середніх, функціонує лише 1 пост, що становить 1,9% від їх загальної кількості. Тривалість рядів спостережень за стоком води на досліджуваній території в цілому становить від 17 до 82 років. При цьому більшість постів (64,8%) мають ряди спостережень тривалістю від 21 до 50 років, 16 постів (29,6%) - більше 50 років; на 4 постах (7,14 %) гідрологічні ряди становлять від 11 до 20 років (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Розподіл водозборів Гірського Криму за тривалістю спостережень і величиною їх площ

Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Кількість гідрологічних постів з періодом спостережень							
	≤10	11-20	21-30	31-40	41-50	≥50	Всього	%
≤100	-	2	10	8	4	11	35	64,8
101 – 500	-	2	1	4	2	4	13	24,1
501 – 1000	-	-	3	-	1	1	5	9,3
1001 – 5000	-	-	1	-	-	-	1	1,9
Всього	-	4	15	12	7	16	54	100
%		7,4	27,8	22,2	13,0	29,6	100	

### 1.6 Катастрофічні паводки на річках Гірського Криму

Перші описи руйнівних повеней в Криму містяться в "Журналі Міністерства внутрішніх справ". В Євпаторії зливовий дощ 18 липня 1848 р. призвів до повені, при цьому 98 будинків були підтоплені, більша частина яких потім зруйнувалася. 3 жовтня 1848 р. у Феодосії стрімким потоком з гір дошової води заввишки з аршин (72 см) затопило 20 будинків і підмило вісім магазинів з хлібом. У Криму майже щорічно відбуваються повені з різною інтенсивністю [28]. Велика повінь спостерігалася на річці Бодрак в кінці



серпня 2004 р. Захист від повеней традиційно ведеться за двома напрямками. Перший - це обвалування, зміцнення, спрямлення та поглиблення русел річок. Так, на багатьох ділянках русла річок випрямлені або укріплені бетонними плитами. Під час повені в серпні 1997 р. на річці Салгир, біля села Дворіччя, вода на обвалованих ділянках не вийшла на заплаву. Випрямленням і поглибленням річок досягається швидке скидання води з району рясних опадів. Однак спрямлення та поглиблення русел річок часто призводить до сумнівних результатів. Так, спрямлення русел річок сприяє утворенню зсувів, заболочуванню і затопленню заплав, зайнятих сільгоспугіддями. Поглиблення річок порушує екологічну рівновагу, системи перепадів і плесів, а в цілому - водні гідробіоценози. Другий шлях - це регулювання паводків водосховищами, тобто затримання і подальший поступовий скид води, що не призводить до повеней. Тут теж існують певні проблеми.

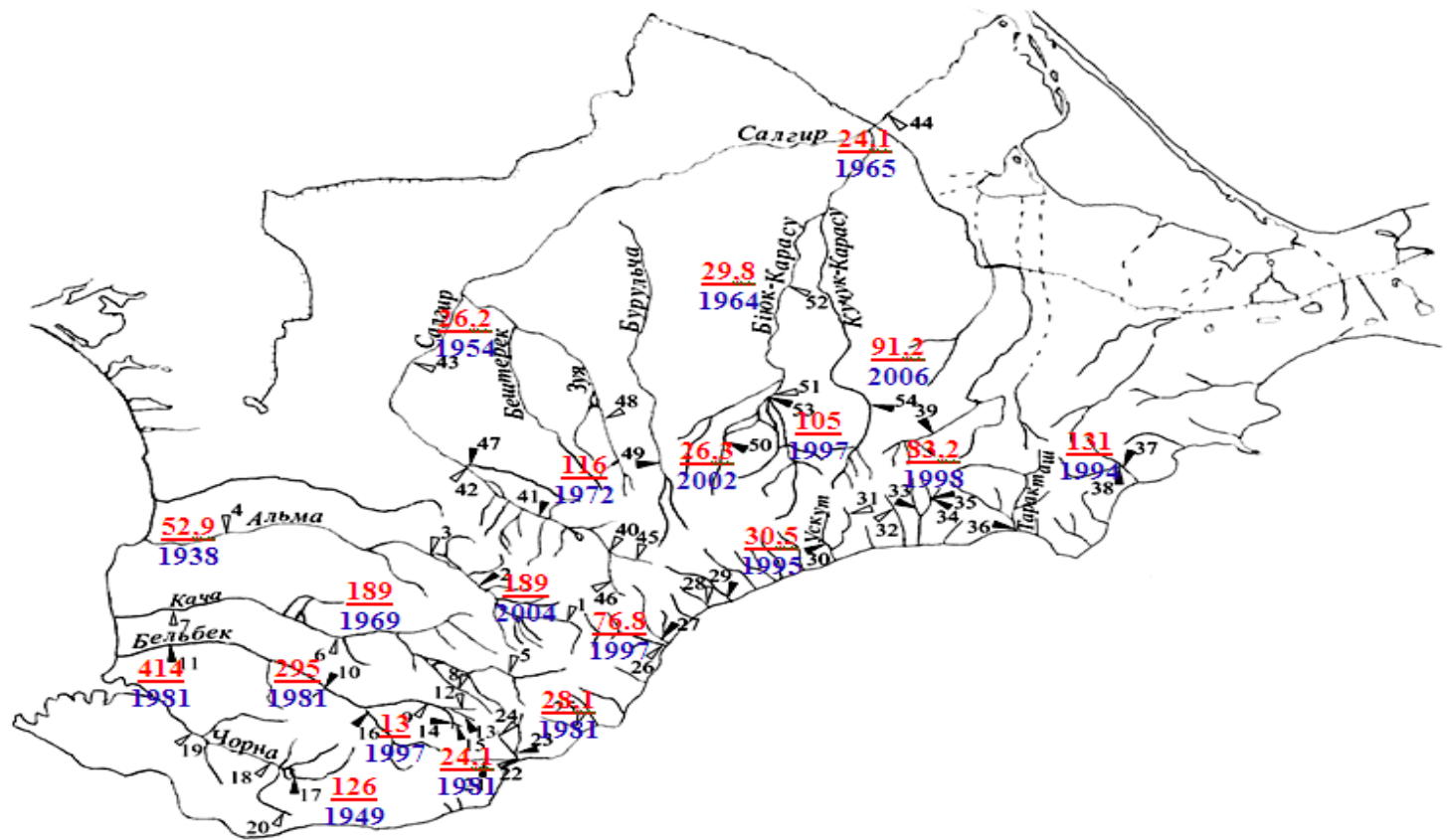
Наприклад, Сімферопольське водосховище має аварійний скид, розрахований на витрату води  $270 \text{ м}^3/\text{с}$ , а русло Салгира в міській межі насилу пропускає  $30 \text{ м}^3/\text{с}$ . Тому регулююча дія водосховища набагато менше його можливостей. Боязнь переповнення водосховищ і прориву гребель призводить до того, що під час випадання рясних опадів вода скидається одночасно з декількох водосховищ. Це призводить до виникнення "антропогенних" повеней. Зокрема, повінь в пониззі річки Салгир в серпні 1997 р. була пов'язана зі скиданням води одночасно з Сімферопольського, Білогірського і Тайганського водосховищ, що збільшило підйом рівня води в річках нижче водосховищ і тривалість паводку. В результаті водосховища не змогли захистити від повені місто Білогірськ, селище Нижньогірський, інші селища і села, а також сільськогосподарські угіддя. Положення ускладнилося в результаті залпового скиду води з Горлінського водосховища, розташованого на річці Кучук-Карасу. У тому ж році спостерігався максимальний приплив води в Сімферопольське водосховище. Скидання паводкових вод з водосховища перевищило його об'єм у 2,5 рази.

Разом з тим, стік кримських річок недостатньо зарегульований водосховищами. Стік річок північного макросхилу Кримських гір зарегульований приблизно на половину, а річок південного макросхилу - тільки на одну десяту. Для ефективної боротьби з повенями річки повинні бути зарегульовані приблизно на 80% [27].

Катастрофічні паводки на кримських річках обумовлені не тільки природними причинами, а й антропогенними чинниками. У першу чергу, це пов'язано з вирубкою лісів, які мають регулюючий вплив на паводки, знижуючи їх інтенсивність і розтягуючи в часі. Було кілька періодів інтенсивної вирубки лісів. До революції і в період громадянської війни була вирубана третина кримських лісів. Ліс інтенсивно постраждав також у Вітчизняну війну і німецьку окупацію. До катастрофічних наслідків повеней призводить забудова берегів. Так, в басейні р. Салгир і басейні його притоки р. Малий Салгир, що протікають по території Сімферополя, при значних паводках відбувається затоплення по берегах річок будинків та інших будівель, а також підтоплення присадибних ділянок. Це мало місце, зокрема, в 1983, 1987, 1997 рр. [29]. На рисунку 1.18 представлена карта-схема територіального розподілу максимальних за період спостережень витрат води дощових паводків на основних річках Гірського Криму та роки, в які вони спостерігалися.

Як ілюструє добре рис. 1.18, значення максимальних витрат води коливаються в досить широких межах - від 13 м<sup>3</sup>/с (р.Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя) до 414 м<sup>3</sup>/с (р.Бельбек- с.Фруктове). На перший погляд будь-які закономірності у розподілі цих максимумів як в просторі, так й у часі, практично відсутні.

Тем не менш, представляє інтерес проаналізувати кількість випадків максимумів витрат дощових паводків теплого періоду на річках Гірського Криму до 1989 року (початок кліматичних змін) та після нього (табл.1.5).



Умовні позначки: ▼ -гідрологічний пост; **414** – максимальна витрата води, м<sup>3</sup>/с;  
**1981** – рік, у якому спостерігалась максимальна витрата води

Рис. 1.18 Карта-схема максимумів витрат води дощових паводків на річках Гірського Криму.

Аналізуючи дані табл.1.5, можна зробити однозначний висновок про те, що абсолютна більшість випадків максимальних витрат за період спостережень приходить на період до 1989 року. Так для річок північно-західного схилу за період з 1989 до 2010 року спостерігалось лише 2 випадки абсолютних максимумів, що в 9 разів менше за період від початку спостережень до 1989 року. Подібна закономірність спостерігається й на двох інших схилах Гірського Криму де кількість випадків за період після 1989 року зменшилась практично в 2 рази.

Таблиця 1.5

Кількість випадків максимумів витрат води паводків теплого періоду на річках Гірського Криму

Схили Кримських гір	Кількість випадків	
	до 1989	після 1989
Північно-західний	18	2
Північно-східний	11	5
Південний берег Криму	12	6

Характеристики деяких найбільших паводків наведені в довіднику «Ресурси поверхневих вод СРСР» в теплий період року представлені в дод.А.2. Аналізуючи їх, можна відзначити, що паводки спостерігаються найчастіше з квітня по серпень, рідше - восени. Величини коефіцієнтів стоку змінюються в межах від 0,08 до 0,64 [30].

На річках р.Альма-с.Поштове, р.Дерекойка - м.Ялта, р.Чорна-с.Чорноріченське величини коефіцієнтів стоку вдвічі перевищують значення цього параметра для інших річок, що може бути пов'язано з наявністю карсту. Мінімальні значення коефіцієнтів стоку відповідають області живлення карсту, а максимальні - області розвантаження.

## Висновки до розділу 1

1. Орографічною особливістю Гірського Криму є наявність гірських гряд, які поступово знижуються на північ: від Головної, передгірної Внутрішньої і передгірної Зовнішньої.
2. Ґрунтовий та рослинний покрив на території Гірського Криму розподілений відповідно до висотної зональності.
3. Одним з факторів, який суттєво впливає на водний режим Кримських річок є карст.
4. Характерними особливостями гідрологічного режиму річок досліджуваної території є дощові паводки. Їх формування пов'язано з випадінням опадів зливого характеру, які охоплюють порівняно невеликі за площею території.
5. Аналіз найбільших паводків теплого періоду року показав, що вони спостерігаються найчастіше з квітня по серпень, рідше - восени.
6. Глобальні та регіональні зміни клімату на досліджуваній території проявляються у вигляді значущих трендів температури повітря в теплий період року та перерозподілі опадів між місяцями.
7. Наявні тренди метеорологічних факторів на даний час не призвели до збільшення випадків катастрофічних паводків на річках Гірського Криму.

## РОЗДІЛ 2

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ

2.1 Нормативні документи та регіональні методики, що регламентують визначення максимального стоку паводків річок Гірського Криму

Підвищений інтерес до проблеми визначення характеристик максимального стоку пов'язаний з тим, що при проходженні катастрофічних паводків має місце затоплення населених пунктів, руйнування доріг, паводкозахисних дамб, гребель та ін.

В Україні при розрахунках максимального стоку паводків і водопіль використовувався нормативний документ СНіП 2.01.14-83 [31], 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 [32].

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 СНіП 2.01.14-83, в ньому також пропонується використовувати операторну модель проф. Гопченка Є.Д.

В СНіП 2.01.14-83 [31] для водозборів із площею більшою за 200 км<sup>2</sup> 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  $F= 200 \text{ км}^2$ ;

$n_1$  – 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  $P\%$ ;

$\delta, \delta_2$  – коефіцієнти, що враховують зниження максимальних витрат води під впливом заболоченості і водойм проточного типу.

Степеновий показник  $n_1$  – районований, а множник  $\delta_3$ , 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  $\delta, \delta_2$  і  $\delta_a, \delta_{2a}$  – 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  $K_\phi$  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 км<sup>2</sup> нормативним документом рекомендується визначати максимальні миттєві витрати води річок дощових паводків  $Q_{p\%}$  (м<sup>3</sup>/с) за формулою граничної інтенсивності:

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

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

$H'_{1\%}$  - максимальний добовий шар опадів ймовірністю перевищення  $P=1\%$ ;

$\varphi$  - збірний коефіцієнт стоку.

У роботах [33-36] приведено докладний аналіз формул СНіП 2.01.14-83. Не зупиняючись на теоретичних недоліках формул нормативного документа, відзначимо лише такі:

- При обґрунтуванні розрахункових характеристик максимального стоку річок використані дані по 1975 р., які потребують уточнення на сучасному етапі.
- Застосування формули (2.1) викликає чисто практичні труднощі, оскільки у таблиці, рекомендованій СНіП 2.01.14 - 83 для визначення коефіцієнта  $\delta_3$ , що враховує зміну параметра  $q_{200}$  із зміною середньої висоти водозборів в гірських районах відсутній регіон Гірського Криму.
- При використанні формули (2.5) виникають складнощі, які пов'язані з визначенням збірного коефіцієнта стоку  $\varphi$ . Як і в попередньому випадку, параметри розглянутого регіону відсутні в деяких допоміжних таблицях.

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,  $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ ;

$q'_{1\%}$  – максимальний модуль схилового припливу,  $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ ;

$F$  – площа водозбору,  $\text{км}^2$ ;

$n_1$  – показник степені редуції;

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

Значення розрахункових параметрів, в залежності від району, представлені в табл.2.1.

Таблиця 2.1

Параметри розрахункової формули максимального стоку паводків теплового періоду для річок Гірського Криму [1]

Район Гірського Криму	Максимальний модуль схилового припливу $q'_{1\%}$ , $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	Показник степені редуції, $n_1$
Західна частина північного схилу	8,0	0,5
Східна частина північного схилу	7,6	0,6
Південний берег Криму	66,0	1,13

В рамках дисертаційного дослідження за формулою (2.6) виконаний розрахунок і оцінена точність отриманих максимальних модулів 1%-ої забезпеченості по відношенню до даних статистичної обробки по 2010 р., результати представлені в табл.2.2., а розрахунки наведені у додатку Б.1.

Таблиця 2.2

Оцінка точності розрахунку за формулою (2.6)

Район Гірського Криму	Середнє відхилення
Західна частина північного схилу	$\pm 61,5 \%$
Східна частина північного схилу	$\pm 95,9 \%$
Південний берег Криму	$\pm 207,7 \%$

Аналізуючи дані табл.2.2, очевидно, що параметри формули (2.6) потребують суттєвого уточнення, а для річок Південного берега Криму - взагалі не застосовні. Згідно з порівнянням, яке наведене на рис. 2.1, можна відмітити, що максимальні витрати води 1%-ої забезпеченості за результатами статистичної обробки станом на 2010 р. в середньому по всій території на 26 % вищі максимальних витрат води, розрахованих за методикою, яка була наведена у РПВ.

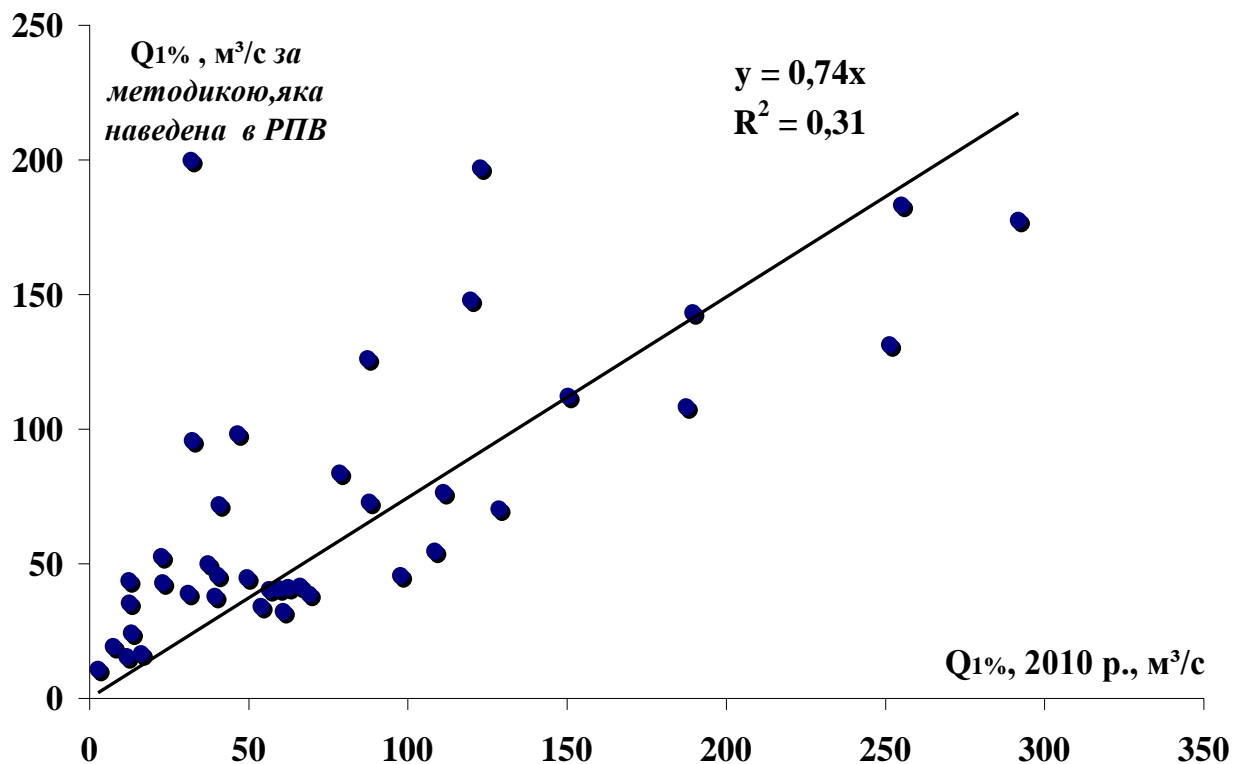


Рис. 2.1 Порівняння максимальних витрат води паводків 1%-ої забезпеченості за результатами статистичної обробки станом на 2010 р. з максимальними витратами води за методикою, яка наведена в РПВ [1]

Свого часу в Україні використовувалася формула П.Ф.Вишневського [5] 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, ( $\text{км}^2$ );

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

$\varphi$  – коефіцієнт редукції.

Інші параметри ( $n, r, r_1, k_1, \lambda$ ) 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.2.2).

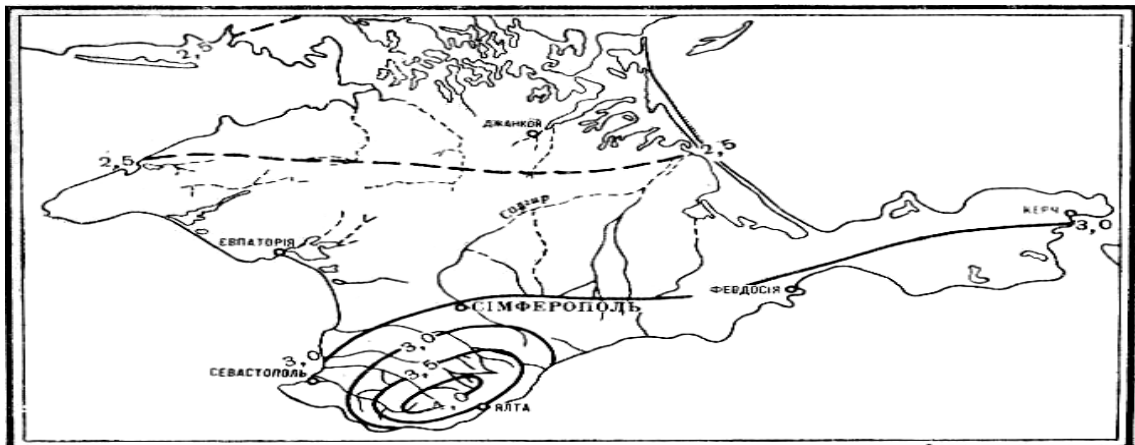


Рис. 2.2 Карта ізоліній максимальної водовіддачі зливого стоку 3%-ї забезпеченості (в мм/10 хв.) [5]

Інтерполяційні формули визначення коефіцієнта редукції  $\varphi$  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  $\tau$  – 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  $\tau$  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:

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

Величину  $m$  можна обчислити за формулою:

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

З метою оцінки надійності методики, як і у випадку з РПВ, виконане порівняння результатів (рис.2.3). Розрахункові значення за П.Ф. Вишневським у 2,68 рази вищі, ніж за результатами статистичної обробки по даних 2010 р. Такий результат свідчить про неправомірність використання цієї структур на сучасному етапі. Результати розрахунків наведені у додатку Б.2.

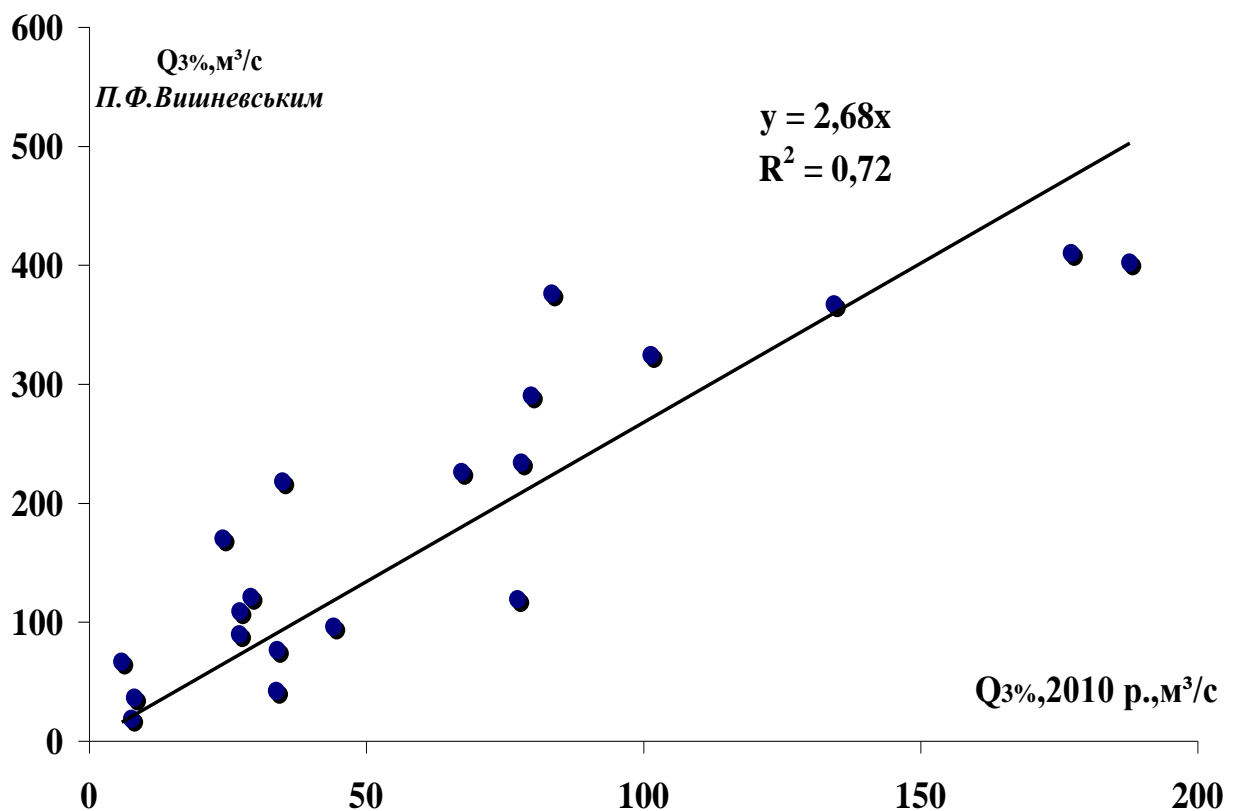


Рис. 2.3 Порівняння максимальних витрат води 3%-ої забезпеченості з результатами статистичної обробки станом на 2010 р. з розрахунковими витратами води за П.Ф. Вишневським

В якості регіональної для території Криму в 1998 році була запропонована методика Гопченка Є.Д. - Скорик О.Л. [37-39], 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:

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

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

$t_p$  - тривалість руслового добігання;

$\varphi$  - коефіцієнт діючого шару стоку:

- при  $t_p < T_0$

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

- при  $t_p \geq T_0$

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

$K_{\Gamma}$  - гідрографічний коефіцієнт:

- при  $(t_p/T_0 < 1,0)$

$$K_{\Gamma_1} = [1 - 0,86(t_p/T_0)^{0,1}] / [1 - 0,91(t_p/T_0)^{0,1}]; \quad (2.17)$$

- при  $(t_p/T_0 > 1,0)$

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

$\varepsilon'_n$  - коефіцієнт русло-заплавного регулювання паводків;

$\lambda_p$  - коефіцієнт забезпеченості;

$q_b$  - модуль базисного стоку

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

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

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;

$\delta$  - коефіцієнт зарегулювання максимального стоку, який пропонується встановлювати за СНіП 2.01.14-83 [31].

Для степової частини Криму також рекомендований вираз (2.14), при умові, що  $q_b = 0$ . 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;

$\eta_{B3}$  - середній зважений коефіцієнт зливого стоку з урахуванням характеру підстильної поверхні.

У СНіП 2.01.14-83 параметр  $\eta$  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;

$\eta_0$  - збірний коефіцієнт стоку для водозборів з площею  $F$ , рівною  $10 \text{ км}^2$  і середнім ухилом, рівним  $50\text{‰}$ ;

$\eta_3$  - для степової зони приймається рівним  $0,11$ .

За формулою (2.14) виконаний розрахунок і здійснене порівняння результатів. Розрахункові значення за Гопченком Є.Д. та Скорик О.Л. на  $40\%$  менші, ніж за результатами статистичної обробки по  $2010$  р. (рис.2.4). Результати розрахунків наведені у додатку Б.3.

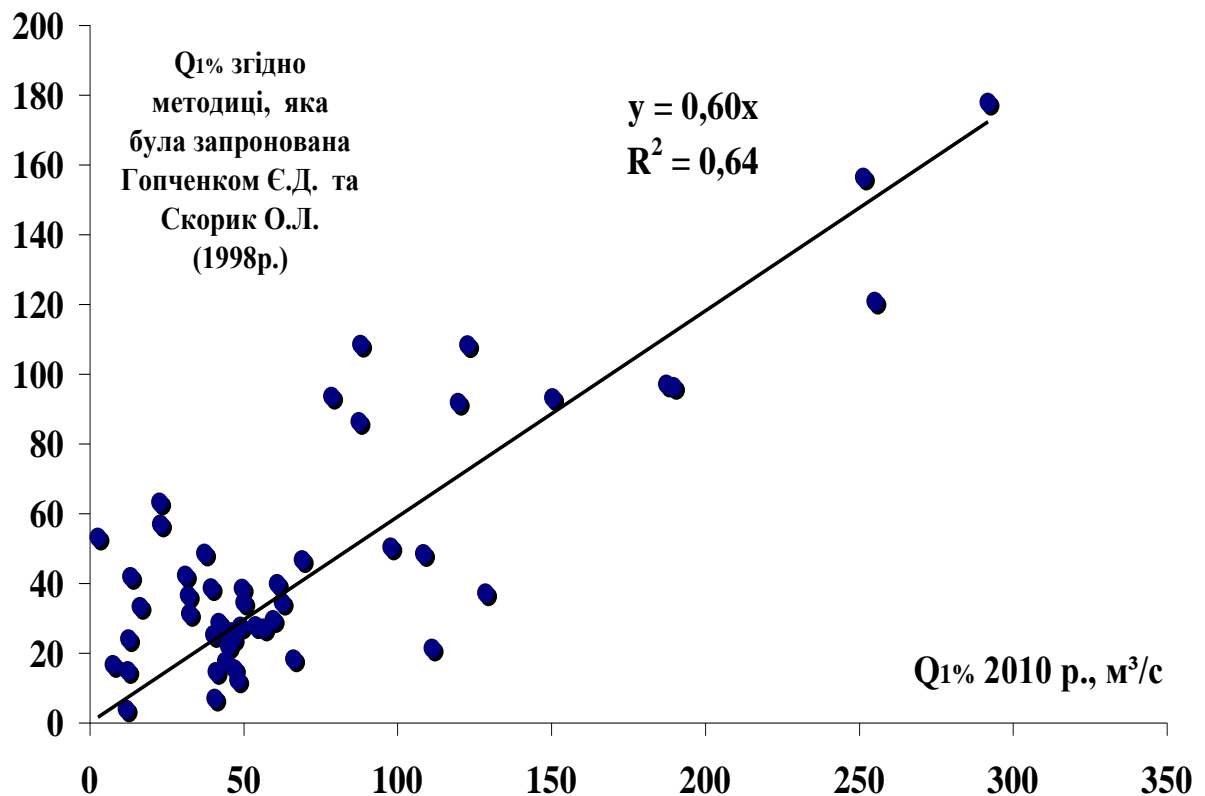


Рис. 2.4 Порівняння максимальних витрат води 1%-ої забезпеченості за результатами статистичної обробки станом на  $2010$  р. з максимальними витратами води за методикою Гопченка Є.Д. та Скорик О.Л.

Таким чином, аналіз регіональних та нормативних методик, які існують на даний час для території Гірського Криму показав, що більшість з них або мають суттєві структурні недоліки, або не можуть бути застосовані на сучасному етапі досліджень з причин застарілої бази вихідної інформації [40;41].



## 2.2 Рекомендації ВМО, щодо визначення максимального стоку паводків

*В нормативних документах ВМО [42] відмічається, що у більшості методик розрахунковий паводок представляється у вигляді гідрографа або максимальної миттєвої витрати води, яка приймається при проектуванні гідротехнічної споруди або регулюванні стоку річок з урахуванням економічних і гідрологічних чинників.*

Як зазначається у [43] математичні моделі відіграють важливу роль в плануванні управління водними ресурсами і, отже, різні типи моделей з різним ступенем складності були розроблені для цієї мети.

Існує достатня кількість типів математичних моделей формування стоку річок. Наприклад, модель може бути статичною або динамічною. Співвідношення між значеннями двох змінних, наприклад, між рівнем води в річці і витратою в поперечному перерізі, можна уявити одночасно статичною або стійкою моделлю й описати алгебраїчним рівнянням. Прикладом динамічної моделі є моделі „опади-стік”. У динамічних моделях використовуються звичайні диференціальні рівняння. Існують численні розгалужені класифікації динамічних моделей. Ретельний опис цього питання можна знайти в роботі [44]. Категорія динамічних гідрологічних моделей досить широка і охоплює повний спектр підходів. Крайніми з них є, з одного боку, повністю емпіричні підходи типу «чорного ящика», не призначені для моделювання процесів, що відбуваються всередині басейну, а встановлюють відповідність потоку на вході в басейнову систему і виходу з неї. Особливою категорією моделей типу «чорний ящик» є штучні нейронні мережі. З іншого боку - підходи, що передбачають вирішення складних систем рівнянь, що базуються на фізичних закономірностях і теоретичних концепціях, які визначають гідрологічні процеси - так звані «гідродинамічні

моделі». Між цими двома крайніми підходами знаходяться різні концептуальні моделі.

*Моделі типу «чорного ящика».* Річковий басейн може розглядатися як динамічна система з зосередженими (тобто незмінними в межах басейну) параметрами, які перетворюють вхідні чинники - рідкі опади та сніг - в гідрограф стоку з басейну. Такий же підхід приймається і для ділянки річки, крім випадків, коли приплив на ділянці вище за течією річки повинен трактуватися як додатковий вхідний фактор. Схематично такі системи можуть бути представлені у вигляді, показаному на рис. 2.5, де  $P(t)$  - вхід, а  $Q(t)$  - вихід, які є функціями від часу  $t$ .

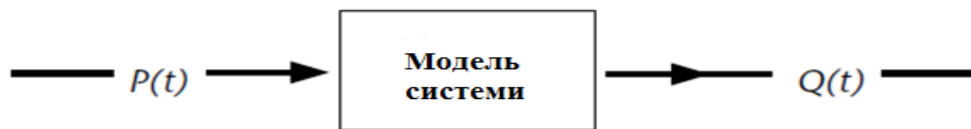


Рис.2.5 - Система «чорного ящика».

*Штучні нейронні мережі.* У роботах 1990-тих років [45-51] величезний інтерес був проявлений до особливого класу математичних моделей - штучні нейронні мережі, які все частіше використовуються в якості альтернативного способу вирішення широкого діапазону гідрологічних завдань. Цей підхід можна розглядати як інструмент моделювання, що складається з декількох взаємопов'язаних одиниць обробки сигналу, які носять назву штучних нейронів [42]. Однак, в гідрологічній практиці ці методи поки не використовуються на постійній основі. На сьогодні перевага віддана традиційним технологіям, ніж новинкам, достойність яких ще не підтверджена.

*Концептуальні моделі.* У підходах, що обговорювалися в попередньому розділі, використовуються тільки найзагальніші ідеї про перетворення вхідних даних в гідрограф стоку, в той час, коли є досить великий об'єм інформації про систему або процеси. Даний тип аналізу зазвичай не дає

хороших результатів при вирішенні проблем моделювання водозборів, якщо необхідно оцінити вплив на них мінливості і змін клімату. В результаті отримав розвиток підхід моделювання, що включає рішення систем рівнянь, в основу яких покладені різні концепції опису фізичних процесів формування стоку. Зазвичай такі моделі називають концептуальними.

Одним з найбільш важких аспектів застосування концептуальних моделей є калібрування обраної моделі стосовно конкретного водозбору. Більшість параметрів моделі визначаються ітераційним шляхом, вручну або автоматично, на основі історичних рядів вхідних і вихідних даних. Через обмеженість даних, недосконаlostі моделей і наявності внутрішніх зв'язків між параметрами навіть невелике збільшення їх кількості здатне значно підвищити труднощі, пов'язані із калібруванням моделі. Тому необхідно, щоб число параметрів відповідало ступеню достовірності вихідних даних і необхідній точності. Іншими словами, сучасні концепції, засновані на теоретичних здобутках, зазвичай вимагають спрощення для зручності використання.[52].

*Модель Сакраменто.* Модель Сакраменто була розроблена в Центрі річкових прогнозів Національної служби погоди США в Сакраменто, штат Каліфорнія [53]. Ця модель включає складний алгоритм розрахунку вологості ґрунту, призначений для отримання значень об'ємів декількох компонентів річкового стоку, в той час, як досить простий і майже повністю емпіричний підхід використовується для перетворень цих вхідних даних в гідрограф стоку.

*Модель HBV.* Модель HBV, розроблена Бергстромом [52;53] в Шведському інституті метеорології і гідрології (SMHI) та є концептуальною, тобто вона перетворює опади, температуру повітря і потенційне сумарне випаровування або в сніготанення, або в стік з водозбору чи приплив у водосховище (рис.2.6).

Модель (<http://www.geo.uzh.ch/en/units/h2k/services/hbv-model>) була неодноразово модифікована, а її різні версії існують у багатьох країнах

[54;55]. Загальний баланс води на водозборі в моделі HBV описується рівнянням вигляду:

$$P - E - Q = \frac{d}{dt} [SP + SM + UZ + LZ + VL], \quad (2.22)$$

де  $P$  - опади,  $E$  - сумарне випаровування,  $Q$  - стік,  $SP$  - сніговий покрив,  $SM$  - вологість ґрунту,  $UZ$  - верхня зона підземних вод,  $LZ$  - нижня зона підземних вод і  $VL$  - об'єм озер.

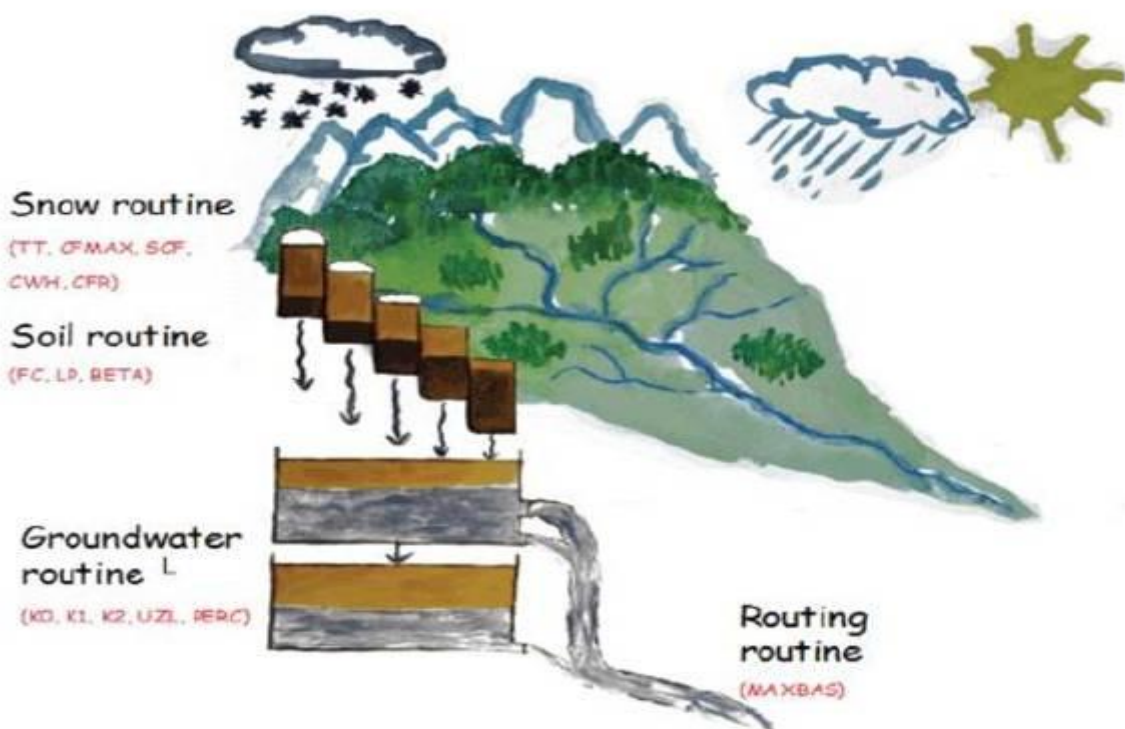


Рис.2.6 - Схема формування стоку з річкового водозбору за моделлю HBV (<http://www.geo.uzh.ch/en/units/h2k/services/hbv-model> )

В подальшому модель була модифікована в Упсальському університеті (HBV Light) та надалі була покращена університетом штату Орігон спільно зі SMHI та Стокгольмським університетом. В останні роки модель HBV Light успішно використовується у Швеції, Німеччині, США, Швейцарії та в інших країнах. Новітня версія була перепрограмована з мови програмування VB6 в VB.NET [56].

*Моделі з розподіленими параметрами.* Математичне моделювання в гідрології зазвичай представлено моделями із зосередженими параметрами. Однак, в останній час розроблені моделі із напіврозподіленими та розподіленими параметрами. Вони призначені для більш надійного опису природних гідрологічних процесів і тому можуть включати деякі метеорологічні змінні і параметри водозборів. Однак, потенціал напіврозподілених та розподілених, фізично обґрунтованих моделей до сих пір використовується лише частково. Це пояснюється тим, що моделі із розподіленими параметрами потребують значної кількості даних, які не завжди існують або недоступні.

Поряд з пакетами програмного забезпечення, розробленими в Європі і Північній Америці, все більш широко використовуються в міжнародному контексті деякі продукти з інших країн. Наприклад, отримали міжнародне визнання дві моделі з Південної Африки. Агροгідрологічна система моделювання ACRU (Agricultural Catchments Research Unit), розроблена Шульцем в Університеті Наталя на початку 1970-х років та модель Пітмана типу «опади-стік» для кроків, рівних одному місяцю, широко використовувалася в Південній Африці для цілей стратегічного планування водних ресурсів [57-59].

Тем не менш, на практиці, у більшості країн світу річкові водозбори або не охоплені мережею гідрометричних спостережень, або охоплені не в належній мірі, а також ситуація ускладнюється тим, що існуючі мережі спостережень знаходяться в стані занепаду. У той же час навантаження на водні ресурси зростає у світі, який стає все більш заселеним, а попит на воду в розрахунку на душу населення постійно зростає. У зв'язку з цим при зниженні запасів води зростає потреба в даних спостережень, а також методиках, які дають змогу розрахувати об'єм водних ресурсів при відсутності даних стаціонарних спостережень за стоком річок.

За класифікацію, яка запропонована Є.Д. Гопченком [33-35], моделі визначення максимального стоку при відсутності спостережень можна поділити на дві групи:

1) засновані на схематизації схилового і руслового (або лише руслового) гідрографів. До них відносяться: редуційні (в тому числі й емпіричні та об'ємні формули);

2) засновані на теорії руслових ізохрон (так звані «генетичні» та формули граничної інтенсивності, або раціональний метод).

В наступних розділах наданий аналіз саме цих моделей, згідно з вищезазначеною класифікацією.

### 2.3 Формули редуційного та об'ємного типу

Редуційні формули є найбільш розповсюдженими на практиці, завдяки простоті структури і малому числу невідомих параметрів. Запропонував їх Д.І. Кочерін [60] і перший варіант мав вигляд:

$$q_m = \frac{A_m}{F^{n_1}} - B, \quad (2.23)$$

де  $A_m$  - максимальна інтенсивність водовіддачі при  $F=1$  км<sup>2</sup>.

Надалі Д.Л.Соколовським [61] запропоновано дещо удосконалений варіант (2.23), а саме:

$$q_m = \frac{A_m}{(F + 1)^{n_1}} \delta, \quad (2.24)$$

де  $A_m$  - максимальний модуль стоку при  $F=0$  км<sup>2</sup>;

$\delta$  - узагальнений коефіцієнт, який враховує вплив на максимальний стік озер, боліт, лісу, карсту, водопроникних ґрунтів.

Пізніше Д.Л.Соколовський [61], прийнявши за вихідну модель одномодальні гідрографи схилового припливу і руслового, отримав рівняння вигляду:

$$q_m = \frac{q'_m}{1 + \frac{t_p}{T_0}}, \quad (2.25)$$

де  $t_p$  - тривалість руслового добігання.

Порівнюючи вирази (2.24) і (2.25), Д.Л. Соколовським зроблений висновок щодо теоретичної бази редукційної формули, тобто

$$\frac{1}{(F+1)^{n_1}} = \frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0}}. \quad (2.26)$$

Як відмічає Є.Д. Гопченко [33-35], таке спрощене уявлення природи редукції максимального модуля з ростом розмірів річок було отримано наслідком двох обставин:

1. Прийняття тривалості паводків  $T_n$  як суми  $T_0$  та  $t_p$ , тобто без врахування русло-заплавного регулювання.
2. Припущення щодо рівності коефіцієнтів часової нерівномірності схилового і руслового стоку.

В роботах Є.Д. Гопченка [33-35;62-69] достатньо повно розкриті методи розрахунку максимального стоку, які засновані на геометричній схематизації гідрографів схилового та руслового стоку. У порівнянні з (2.25) більш загальним є вираз:

$$q_m = \frac{k_0 y_m}{1 + \frac{t_p}{T_0}} k_m k_n, \quad (2.27)$$

де  $k_0$  - коефіцієнт схилової трансформації, рівний :

$$k_0 = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{1}{T_0}; \quad (2.28)$$

$k_m$  і  $k_n$  - коефіцієнти, зв'язані з русло-заплавним регулюванням паводків, причому

$$k_m = \frac{m+1}{m} \Big/ \frac{n+1}{n}, \quad (2.29)$$

а

$$k_n = \frac{T_0}{T_n} = \frac{1}{1 + \frac{t_p + \Delta t}{T_0}}. \quad (2.30)$$

Розглянуті також окремі випадки (2.27). Так, при можливості осереднення по території  $T_0$  структура (2.27) спрощується до рівня

$$q_m = \frac{k_0 y_m}{(F+1)^{n_1}}. \quad (2.31)$$

Якщо є підстави для осереднення по території  $T_0$ , то редукційні коефіцієнти, що входять до (2.27), можуть бути і описані за допомогою  $F$ , тобто

$$\frac{k_n k_m}{1 + \frac{t_p}{T_0}} = \frac{1}{(F+1)^{n_1}}. \quad (2.32)$$

Формула (2.31) є основою для нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля спочатку в нормативних документах СН 435-72, а потім і в СНіП 2.01.14-83.

Якщо осереднити по території не лише  $T_0$ , але й  $Y_m$ , то редукційна структура (2.27) набуде вигляду:

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}}. \quad (2.33)$$



Параметри, що входять до (2.33), визначаються досить просто.

У роботі [69] показано тотожність виразу

$$k_0 Y_m = q'_m. \quad (2.34)$$

де  $k_0$  - коефіцієнт «дружності» весняного водопілля.

Підставимо (2.34) в (2.33), тоді отримуємо:

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F + 1)^m} \delta \delta_1 \delta_2, \quad (2.35)$$

де  $\delta$  - коефіцієнт впливу озер, водосховищ, ставків проточного типу на регулювання максимальних модулів стоку;

$\delta_1, \delta_2$  - редукційні коефіцієнти впливу залісеності і заболоченості на характеристики максимального стоку річок.

Редукційна формула вигляду (2.35) до цього часу використовується для нормування характеристик максимального стоку річок в Україні.

З рівняння (2.27) можна отримати й іншу структуру розрахункової формули. Зокрема, з урахуванням (2.28), (2.29) і (2.30)

$$q_m = \frac{m + 1}{m} \cdot \frac{Y_m}{T_n} \quad (2.36)$$

Формула (2.36) відноситься до формул об'ємного типу, яку запропонував Д.Л. Соколовський [61]. Вона заснована на моделі одномодальних паводків.

Рівняння гідрографу записується таким чином:

- для гілки підйому:

$$Q_t = Q_m \left( \frac{t}{t_n} \right)^{m'}; \quad (2.37)$$

- для гілки спаду:

$$Q_t = Q_m \left( \frac{t_{cn} - t}{t_{cn}} \right)^{n'}, \quad (2.38)$$

де  $Q_t$  – витрати води через  $t$  одиниць часу від початку підйому й через  $t$  одиниць від максимуму – на спаді;

$t_{\Pi}$  – тривалість підйому паводків;

$t_{cn}$  – тривалість спаду паводків;

$m'$  і  $n'$  – показники степені гілок підйому й спаду.

При інтегруванні (2.37) і (2.38) по  $t_n$  і  $t_{cn}$  базові рівняння набувають вигляду:

$$(q_m)_n = \frac{Y_m}{t_n} \cdot f \quad (2.39)$$

та

$$(q_m)_{cn} = \frac{Y_m}{T_n} \cdot f(1 + \gamma), \quad (2.40)$$

де  $f$  – коефіцієнт форми руслових гідрографів.

А.В.Огієвський [70] для реалізації на практиці рівняння (2.40) приймає  $k=2$ , а  $T_n = T_0 + t_p$ . Для цієї структури притаманні недоліки, які полягають у тому, що форма руслових гідрографів, виражена через  $k_{\phi}$ , не є величиною постійною, а тим більше, рівною двом. Не відповідає дійсності і прийняття  $T_n = T_0 + t_p$ , так як у цьому випадку не враховуються ефекти русло-заплавного регулювання на трансформацію гідрографів.

В.І.Мокляком [71;72] запропонована формула для розрахунку максимальних модулів стоку водопілля:

$$q_m = k_{\phi} \frac{Y_m}{m_c T_0 + t_p}, \quad (2.41)$$

де  $k_\phi$  - коефіцієнт часової нерівномірності руслового стоку;

$m_c$  - емпіричний коефіцієнт, рівний:

$$m_c = 1 + \alpha_L \frac{f_L}{F} + \frac{f\bar{\sigma}}{F}. \quad (2.42)$$

В.І. Мокляком [73] встановлена залежність між коефіцієнтом часової нерівномірності та площею водозборів:

а) при  $(t_p + t_{cx}) < 1$  доби

$$k_\phi = \frac{2,8}{\sqrt{t_p + t_{cx}}}; \quad (2.43)$$

б) при  $(t_p + t_{cx}) > 11$  діб

$$k_\phi = 2,8 + 0,05(t_p + t_{cx} - 11); \quad (2.44)$$

в) в діапазоні 1 доби  $< (t_p + t_{cx}) < 11$  діб

$$k_\phi = 2,8. \quad (2.45)$$

У роботах Є.Д. Гопченка та його учнів [64;67-69] пропонується більш проста розрахункова схема, яка заснована на геометричній моделі одномодальних паводків та водопіль. Вихідним є рівняння вигляду:

$$q_t = q_m \left[ 1 - \left( \frac{t}{T_n} \right)^m \right]. \quad (2.46)$$

Інтегрування рівняння (2.46) по  $T_n$ , а також нескладні перетворення дають змогу отримати рівняння об'ємного типу, а саме:

$$q_m = \frac{m+1}{m} \frac{Y_m}{T_n}. \quad (2.47)$$

Якщо проаналізувати для даної структури безрозмірний комплекс  $q_m/q'_m$ , то він має вигляд:

$$q_m/q'_m = \left( \frac{m+1}{m} / \frac{n+1}{n} \right) \frac{T_0}{T_{II}}. \quad (2.48)$$

Коефіцієнт загальної редукації  $q_m/q'_m$  обмежений одиницею при  $t_p = 0$ , а при  $t_p \rightarrow \infty$  - нулем, що повною мірою узгоджується з природою явища.

У закордонній практиці редукаційні та об'ємні формули також широко розповсюджені. Так, наприклад, У.Раффа [74] використовував редукаційну формулу для розрахунку максимального стоку річок Італії:

$$Q_P = q_{100} \left( \frac{100}{F} \right)^{2/3}, \quad (2.49)$$

де  $q_{100}$  – максимальний модуль стоку, приведений до умовної площі водозборів  $F=100$  км<sup>2</sup> при  $P = 25; 3,3$  і  $1\%$  (для семи зон в басейні р. По);

Дана формула дуже схожа на ту, яка пропонується у нормативному документі СНіП 2.01.14-83 [31].

Для території Італії Джиандотті [75] була розроблена об'ємна формула:

$$Q_P = 0,28 \frac{H_\tau \alpha f' F}{K'_n \tau}, \quad (2.50)$$

де  $H_\tau$  – шар опадів за час  $\tau$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт стоку;  $f'$  – коефіцієнт форми гідрографу;

$K'_n$  – співвідношення між тривалістю паводка і часом добігання;  $\tau$  – час добігання.

Параметри  $\alpha$ ,  $f'$  та  $K'_n$  визначаються в залежності від площ водозборів  $F$ .

До об'ємних можна віднести і формулу, яка була розроблена у Франції для річок Центральної та Південно-Західної Африки [75] для розрахунку максимального стоку ймовірністю перевищення  $P=10\%$  (для річок з площею водозборів  $F < 200 \text{ км}^2$ ):

$$Q_{10\%} = 0,28 \frac{K_{\phi} h_{10\%} F}{T} + Q_{гр.}, \quad (2.51)$$

де  $Q_{10\%}$  – максимальна витрата води ймовірністю перевищення  $P=10\%$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$K_{\phi}$  – співвідношення між максимальною і середньою витратою води і є функцією факторів, які характеризують рельєф та інші особливості поверхні водозборів;

$h_{10\%}$  – шар паводочного стоку, мм;

$Q_{гр.}$  – витрата води ґрунтового живлення,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

#### 2.4 Раціональний метод або формули граничної інтенсивності

Крім редуційних формул, в нормативному документі СНіП 2.01.14-83 для розрахунку максимальних модулів стоку на невеликих річках ( $F < 200 \text{ км}^2$ ) використовується формула граничної інтенсивності вигляду:

$$q_m = 16.67 \bar{\psi}(\tau) \eta H_{\delta}, \quad (2.52)$$

де  $\bar{\psi}(\tau)$  – ординати редукційної кривої середньої інтенсивності опадів у часі (1/хв.);  $H_0$  - добовий максимум опадів, мм;  $\eta$  – коефіцієнт стоку.

Критичний аналіз цієї структури переставлений у [76;77], де показано, що у формулі (2.52) розглядається оператор «опади-русловий стік» замість «опади - схиловий приплив - русловий стік». При аналізі структурного виразу (2.52) розглянемо як невеликі водозбори, так і розгалужені річкові системи.

Для невеликих річок, максимальний модуль стоку дорівнює [76-78]:

$$q_m = \frac{Y_m}{t_p} \varphi, \quad (2.53)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт повноти припливу схилового стоку, який формує максимальну витрату води.

Коли у формуванні максимального стоку приймають участь опади  $H_m$ , що співпадають з їх добовими значеннями, то

$$H_0 \eta = Y_m, \quad (2.54)$$

а (2.52) запишеться в редакції

$$q_m = 16,67 \bar{\psi}(\tau) Y_m. \quad (2.56)$$

Порівняння (2.52) з (2.53) набуде вигляду

$$16,67 \bar{\psi}(\tau) = \frac{\varphi}{t_p} = \tilde{\varphi}(t_p). \quad (2.57)$$

Отже, функція  $16,67 \bar{\psi}(\tau)$  розраховується в залежності від співвідношення між  $t_p$  і  $T_0$ . Зокрема,

- при  $0 < t_p < 1,0$

$$\tilde{\varphi}(t_p) = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} \left[ 1 - \frac{1}{n+1} \left( \frac{t_p}{T_0} \right)^n \right]; \quad (2.58)$$

- при  $t_p \geq T_0$

$$\tilde{\varphi}(t_p) = \frac{1}{t_p}; \quad (2.59)$$

- при  $\frac{t_p}{T_0} = 0$

$$\tilde{\varphi}(t_p) = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}; \quad (2.60)$$

- при  $t_p \gg T_0$

$$\tilde{\varphi}(t_p) = 0; \quad (2.61)$$

З рівнянь (2.58)-(2.61) видно, що трансформаційна функція  $\tilde{\varphi}(t_p) = 16,67 \bar{\psi}(\tau)$  безпосередньо не пов'язана з характеристиками опадів, а цілком залежить від співвідношення  $t_p$  і  $T_0$ , а при  $t_p < T_0$  й від динаміки припливу води зі схилів до руслової мережі. В тій редакції, що наводиться вище,  $\tilde{\varphi}(t_p)$  майже не піддається узагальненню, внаслідок її розмірності. Усунути цю незручність можна шляхом нормування  $\tilde{\varphi}(t_p)$  по  $T_0$ , тоді [78]:

- при  $\frac{t_p}{T_0} < 1,0$

$$\tilde{\varphi}(t_p) = \frac{n+1}{n} \left[ 1 - \frac{1}{n+1} \left( \frac{t_p}{T_0} \right)^n \right]; \quad (2.62)$$

- при  $t_p/T_0 > 1,0$

$$\tilde{\varphi}(t_p) = \frac{T_0}{t_p}. \quad (2.63)$$

За умови  $t_p/T_0 = 1,0$  по обох рівняннях маємо одиницю.

Формулу граничної інтенсивності (2.52) на основі вищенаведеного аналізу і при використанні опадів можна записати у вигляді:

$$q_m = \tilde{\varphi}(t_p) H_\delta \eta. \quad (2.64)$$

При використанні шарів стоку

$$q_m = \tilde{\varphi}(t_p) Y_m. \quad (2.65)$$

Для розгалужених річкових систем скористаємось базовою структурою руслових ізохрон [78]

$$q_m = q'_m \psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) \varepsilon_F, \quad (2.66)$$

де  $q'_m$  – максимальний модуль схилового припливу, який дорівнює [33-35]:

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m; \quad (2.67)$$

$\varepsilon_F$  – коефіцієнт русло-заплавного регулювання;

$\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right)$  – функція розпластування паводкових і повеневих хвиль під

впливом тривалості руслового добігання.



Підставимо в (2.66) рівняння (2.67) і отримаємо

$$q_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m \psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) \varepsilon_F. \quad (2.68)$$

Порівнюючи (2.68) і (2.56), отримаємо вираз

$$16,67\bar{\psi}(\tau) = \tilde{\varphi}(t_p) = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} \psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) \varepsilon_F. \quad (2.69)$$

Редукційна крива опадів  $16,67\bar{\psi}(\tau)$  на розгалужених річкових системах повинна враховувати два чинники трансформації максимального стоку – розпластування і русло-заплавного регулювання.

Функцію  $\tilde{\varphi}(t_p)$  можна розглядати в залежності від співвідношення між  $t_p$  і  $T_0$  і окремо – з урахуванням русло-заплавного регулювання. Перша складова надається таким чином:

- при  $0 < t_p < T_0$

$$\tilde{\varphi}'(t_p) = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} \left[ 1 - \frac{m+1}{(n+1)(m+n+1)} \left(\frac{t_p}{T_0}\right)^n \right]; \quad (2.70)$$

- при  $t_p \geq T_0$

$$\tilde{\varphi}'(t_p) = \frac{1}{t_p} \left[ \frac{m+1}{m} - \frac{n+1}{m(m+n+1)} \left(\frac{T_0}{t_p}\right)^m \right]; \quad (2.71)$$

- при  $\frac{t_p}{T_0} = 0$

$$\tilde{\varphi}'(t_p) = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}; \quad (2.72)$$

- при  $t_p \gg T_0$

$$\tilde{\varphi}'(t_p) = 0, \quad (2.73)$$

На великих водозборах структури формули граничної інтенсивності будуть мати вигляд [65;78]:

- при використанні дощових опадів

$$q_m = \tilde{\varphi}'(t_p) H_\delta \eta \varepsilon_F; \quad (2.74)$$

- при використанні снігозапасів

$$q_m = \tilde{\varphi}'(t_p) S_m \eta \varepsilon_F; \quad (2.75)$$

- при використанні шарів стоку

$$q_m = \tilde{\varphi}'(t_p) Y_m \varepsilon_F. \quad (2.76)$$

У багатьох країнах світу отримала широке використання формула граничної інтенсивності стоку для невеликих водозборів ( $F < 50 \text{ км}^2$ ). Цей метод викладено у ряді наукових робіт [79;80]:

$$Q_P = 16.7 \bar{i}_{\tau,P} \alpha \delta_1 F, \quad (2.77)$$

де  $\bar{i}_{\tau,P}$  – найбільша величина середньої величини опадів за розрахункову тривалість  $t = \tau$ , мм/хв. ймовірністю перевищення  $P, \%$ ;

$F$  – площа водозбору,  $\text{км}^2$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт стоку від найбільшого шару опадів  $H_\tau = \bar{i}_\tau \tau$ ;

$\delta_1$  – коефіцієнт, який враховує вплив озер у басейні.

Також за кордоном поширеними є формули паводків, які враховують опади, а також деякі фізичні характеристики басейна. Основною для цього типу є так звана раціональна формула [81]

$$q = ciF_d \quad (2.78)$$

де  $i$  – інтенсивність опадів за період рівний часу добігання в басейні.

## 2.5 Формули, що засновані на теорії руслових ізохрон

Вперше модель формування паводкового стоку була запропонована М.А. Велікановим [82], яка отримала широкий розвиток у застосуванні її до руслового стоку

$$Q_i = \int_0^{\tau} (h - p) \frac{\partial \omega}{\partial \tau} d\tau, \quad (2.79)$$

де  $h$  – інтенсивність опадів;

$p$  – інтенсивність вбирання води в ґрунт;

$\omega$  – площа між суміжними ізохронами руслового добігання;  $\tau$  – тривалість схилового добігання.

Г.А. Алексєєв [83;84] склав, а потім і вирішив диференціальне рівняння руслового стоку вигляду:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + V_D \frac{\partial \omega}{\partial x} = P(t), \quad (2.80)$$

де  $V_D$  - швидкість руху хвилі потоку;

$P(t)$  - боковий приплив на одиницю довжини будь –якого русла.

Рівняння (2.80) покладено в основу схему стаціонарних руслових ізохрон.

*Модель формування максимального стоку А.М. Бефані (без урахування русло-заплавного регулювання).* Руслові системи, окрім безпосереднього схилового припливу головної річки, отримують живлення і від різного порядку бічних приток. Тому диференціальне рівняння стоку по русловій системі записується таким чином [76]:

$$V_o \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = n_x Q'_t, \quad (2.81)$$

де  $\omega$  - площа поперечного перерізу русел у плоскості ізохрони, віддаленої на відстань  $x$  від вододілу;

$Q'_t$  - ординати гідрографів припливу води зі схилів до руслової мережі;

$n_x$  - число русел, що пересікаються ізохронами в створі  $x$ , причому:

$$n_x = \frac{B_x}{2l} = \alpha B_x, \quad (2.82)$$

де  $B_x$  - ширина басейну по ізохронах руслового добігання;

$l$  - довжина схилу;

$\alpha$  - коефіцієнт щільності гідрографічної мережі.

Враховуючи (2.82), диференціальне рівняння (2.81) набуває виду

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + V_\partial \frac{\partial \omega}{\partial x} = \alpha Q'_t B_x. \quad (2.83)$$

Залежно від співвідношення між часом руслового добігання  $t_p$  і тривалістю припливу води зі схилів в руслову мережу  $T_0$  при інтегруванні (2.83) отримуємо вирази при двох основних типах формування максимального стоку [76]

- при  $t_p < T_0$

$$\omega_m = \int_{t_{кр}-t_p}^{t_{кр}} Q'_t B_x dt = B_{cp} Y_{tp} k_1, \quad (2.84)$$

де  $B_{cp}$  - середня ширина водозбору за ізохронами руслового добігання;

$Y_{tp}$  - «діючий» шар схилового припливу;

$k_1$  - перший гідрографічний коефіцієнт

$$k_1 = \frac{\int_{t_p}^{t_{kp}} Q'_t B_x dt}{B_{cp} \int_{t_p}^{t_{kp}} Q'_t dt}; \quad (2.85)$$

при  $t_p \geq T_0$

$$\omega_m = \int_0^{T_0} Q'_t B_x dt = B_{cp} Y_m k_2, \quad (2.86)$$

$k_2$  - гідрографічний коефіцієнт, аналогічний  $k_1$

$$k_2 = \frac{\int_0^{T_0} Q'_t B_x dt}{B_{cp} \int_0^{T_0} Q'_t dt}. \quad (2.87)$$

Враховуючи рівняння (2.85) і (2.87), можливо записати розрахункове рівняння для  $q_m$  [85]:

$$q_m = \frac{Y_m}{t_p} \varphi k_2, \quad (2.88)$$

де  $k_2$  - гідрографічний коефіцієнт;

$\varphi = \frac{Y_{tp}}{Y_m}$  - коефіцієнт діючого шару стоку, що формує максимальну

витрату води паводка або водопілля:

при  $t_p < T_0$

$$\varphi = \frac{\int_0^{t_p} Q'_t dt}{\int_0^{T_0} Q'_t dt} ; \quad (2.89)$$

- при  $t_p \geq T_0$

$$\varphi = 1.0. \quad (2.90)$$

*Модель формування максимального стоку А.М. Бефані (з врахуванням русло-заплавного регулювання).* Вихідне рівняння (2.81) було вдосконалено А.М. Бефані [77;85] шляхом введення до нього параметрів русло-заплавного регулювання. Розрахункова структура набула вигляду

$$V_{\partial} \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial t} (\omega + \omega_3 + \omega_a) = \alpha Q'_t B_x, \quad (2.91)$$

де  $w$  - площа поперечного перерізу потоку;

$w_3$  - площа поперечного перерізу заплави;

$w_a$  - площа поперечного перерізу алювію;

$\delta$  - пористість алювію.

Спрощене розв'язання (2.91) є обґрунтуванням розрахункової формули [85]

$$q_m = \frac{Y_m}{t_p} \varphi k_2 \varepsilon_F, \quad (2.92)$$

де  $\varepsilon_F$  – коефіцієнт русло-заплавного регулювання.

Реалізація (2.92) ускладнюється відсутністю даних спостережень за характеристиками схилового припливу, зокрема, за тривалістю  $T_0$ , необхідною для визначення функції  $\varphi$  і гідрографічних коефіцієнтів  $k_2$ , а також за русло-заплавним регулюванням паводків і водопіль  $\varepsilon_F$  [61].

Більш загальною при розгляді процесів формування максимального стоку є розгорнута модель руслових ізохрон [33-35]. Вона зводиться до розв'язання рівнянь:

-при  $t_p < T_0$

$$Q_m = V_\partial \int_0^{t_p} q'_t B_t \varepsilon_t dt; \quad (2.93)$$

-при  $t_p \geq T_0$

$$Q_m = V_\partial \int_0^{T_0} q'_t B_t \varepsilon_t dt \quad (2.94)$$

При інтегруванні (2.87) і (2.88) функції  $q'_t$  і  $B_t$  беруться у редуційному вигляді, тобто [33-35]

$$q'_t = q'_m \left[ 1 - \left( \frac{t}{T_0} \right)^n \right], \quad (2.95)$$

а

$$B_t = B_m \left[ 1 - \left( \frac{t}{t_p} \right)^m \right], \quad (2.96)$$

де  $B_m$  - максимальна ширина водозборів по ізохронах руслового добігання.

Гопченком Є.Д. [33-35;86] при розв'язання рівнянь (2.93) і (2.94) з урахуванням (2.95) і (2.96) обґрунтована структура так званого операторного типу «схиловий приплив – русловий стік»

$$q_m = q'_m \psi \left( \frac{t_p}{T_0} \right) \varepsilon_F, \quad (2.97)$$

де  $\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right)$  – коефіцієнт розпластування паводкових і повеневих хвиль

під впливом руслового добігання.

Моделі А.В. Огієвського і Й.А.Железняка. В 1945 році Огієвський А.В. [87] запропонував формули на основі методу ізохрон руслового добігання вигляду:

- при  $t_p > T_c$

$$Q_m = \rho \frac{Y_m}{T_c} F_d = \rho Y_m b_d V_d, \quad (2.98)$$

де  $F_d$  - діюча площа водозборів;

$\rho$  - коефіцієнт обліку нерівномірності розвитку басейну;

$T_c$  - тривалість водовіддачі;

$b_d$  - середня ширина басейну у межах діючої площі водозборів;

- при 1 доби  $(t_p < T_c)$

$$Q_m = \rho \frac{Y_m}{T_c} k' F, \quad (2.99)$$

де  $k'$  - коефіцієнт нерівномірності щодобової водовіддачі;

- при  $t_p < 1$  доби

$$Q_m = \rho \frac{Y_m}{T_c} k' k'' F, \quad (2.100)$$

де  $k''$  - коефіцієнт урахування нерівномірності внутрішньодобової водовіддачі.

На модель руслових ізохрон спирається також і формула Й.А.Железняка [88;89], в якій він вводить поняття функції впливу, що є, по суті, комбінацією двох функцій трансформації – ізохрон і руслового регулювання, і тоді



$$Q_i = q'_i P_1 + q'_{i-1} P_2 + \dots + q'_{i-t_p+1} P_{t_p}. \quad (2.101)$$

Максимальна середньодобова витрата води при цьому дорівнює

$$\tilde{Q}_m = 0,0116 k_{\text{м.г.м.}} Y_m F, \quad (2.102)$$

де  $k_{\text{м.г.м.}}$  - так званий метеоролого-гідравліко-морфометричний параметр, який визначається за Й.А.Железняком відношенням

$$k_{\text{м.г.м.}} = \frac{\left( \begin{matrix} t_p \\ \sum q'_i P_i \end{matrix} \right)_m}{\frac{T_0}{\sum q'_i}}. \quad (2.103)$$

В.І. Мокляком [90] і П.Ф. Вишневським [5] також реалізована модель ізохрон, а її редакція приймається у вигляді

$$q_m = h_m \varphi', \quad (2.104)$$

де  $h_m$  - середня максимальна інтенсивність водовіддачі за 10-хвилинний (у П.Ф. Вишневського) або годинний (у В.І. Мокляка) інтервали часу;  $\varphi'$  - редуційний коефіцієнт.

За П.Ф. Вишневським [5]:

-при  $(t_p / T_0) < 1.0$

$$\varphi' = \frac{2,26}{1 + 6,3 \frac{t_p}{T_0}}; \quad (2.105)$$

-при  $(t_p / T_0) \geq 1.0$

$$\varphi' = \frac{0,626}{1 + 1,02 \frac{t_p}{T_0}}; \quad (2.106)$$

За В.І. Мокляком [90]:

-при  $(t_p / T_0) > 1.0$

$$\varphi' = \frac{0,28 + 0,07 \frac{t_p}{T_0}}{1 + 2 \frac{t_p}{T_0}}; \quad (2.107)$$

-при  $(t_p / T_0) < 1.0$ , але  $t_p > 1$  доби

$$\varphi' = \frac{0,35}{1 + 2 \frac{t_p}{T_0}}; \quad (2.108)$$

-при  $(t_p / T_0) < 1.0$ , і  $t_p < 1$  доби

$$\varphi' = \frac{T_0}{0,92T_0 - 0,24 + (1,94T_0 + 5,95)t_p}; \quad (2.109)$$

- для досить малих водотоків ( $t_p \leq 0,04$  доби)

$$\varphi' = 1,0. \quad (2.110)$$

До недоліків розглянутих моделей як у редакції В.І.Мокляка, так й П.Ф. Вишневського, можна віднести те, що вони обидві не мають фізично визначеної межі зверху ( $q_m / q'_m = 1,0$  при  $t_p / T_0 = 0$ ) [83].

Що стосується моделі Й.А.Железняка, то зрозуміти авторське визначення  $k_{м.г.м.}$  дуже складно, оскільки безпосередньо із моделі ізохрон воно не випливає. Через фізичну невизначеність  $k_{м.г.м.}$  досить складно здійснити перевірку (2.103) стосовно відповідності її граничним вимогам.

2.6 Методика, що рекомендується для нормування характеристик максимального стоку дощових паводків теплого періоду для річок Гірського Криму

Аналіз науково-методичної бази свідчить про те, що вона є недостатньо обґрунтованою і потребує удосконалення. Тому необхідно звернути увагу на нормування характеристик дощових паводків і весняних водопіль на більш сучасній теоретичній основі. Особливо це стосується моделей геометричного плану, в основу яких покладені гідрографи схилового та руслового стоку (або тільки руслового), а також моделі ізохрон.

Нами віддана перевага редуційній формулі вигляду (2.33), яка була отримана безпосередньо з моделі руслових ізохрон [91-93].

Наведені параметри, що входять до (2.33), визначаються за простою процедурою – логарифмуванням вихідної формули та побудовою емпіричної залежності  $\lg q_m = f[\lg(F+1)]$ . Тангенс кута нахилу лінії зв'язку до вісі абсцис є показник редуції  $n_1$ , а відрізок, що відсікається по ординаті (при  $F=0$ ) – максимальний модуль схилового припливу  $q'_m$ .

Формулу (2.33) слід вважати, по суті, узагальненим варіантом одномодальної геометрії гідрографів паводків і повеней, але лише для випадку, якщо мінливість тривалості припливу вод зі схилів  $T_0$  по території в цілому невелика і її припустимо усереднити.

При цих умовах  $q'_m$  є максимальний модуль схилового припливу і дорівнює:

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m = k_o Y_m, \quad (2.111)$$

де  $k_o$  – коефіцієнт трансформації схилового стоку;

$Y_m$  – шар стоку за повінь або паводок;

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

За моделлю руслових ізохрон базовою для них є формула (2.97) у редакції Є.Д. Гопченка [33-35;86;91;93]

$$q_m = q'_m \psi \left( \frac{t_p}{T_0} \right) \varepsilon_F.$$

Співставлення (2.33) і (2.97) показує, що

$$\psi \left( \frac{t_p}{T_0} \right) \varepsilon_F = \frac{1}{(F+1)^{n_1}}, \quad (2.112)$$

тобто при осередненні по території  $T_0$  рівняння (2.97) зводиться до відомої структури редуційної емпіричної формули.

Формула вигляду (2.33) є наслідком осереднення по території  $T_0$ . Як видно з (2.111), ця умова не є обов'язковою, але тоді  $T_0$  не підлягає осередненню, а узагальнюється по території іншими прийомами. Зокрема, одним з варіантів узагальнення є картування величин, і, якщо спостерігається зміна по території в одному напрямку  $T_0$  і  $Y_m$ , то тоді редуційна формула набуває вигляду:

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}}, \quad (2.113)$$

де  $q'_m$  – максимальний модуль схилового припливу, який дорівнює

$$q'_m = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_{1\%}. \quad (2.114)$$

Перевагою цієї структури, на нашу думку, є її простота та невелика кількість розрахункових параметрів. З іншого боку, на відміну від стандартних формул редуційного вигляду, при обґрунтуванні структури

(2.114) застосовано метод ізохрон, що дозволяє більш повно врахувати усі стокоформуючі фактори, які в даній формулі представлені складовими модуля схилового припливу  $q'_m$ .

## Висновки до розділу 2

1. На теперішній час в гідрологічній практиці існує велика кількість моделей різного типу, але їх використання обмежене необхідністю наявності великої кількості безпосередніх стаціонарних спостережень за стоком річок.

2. Тем не менш, у багатьох частинах світу є водозбори або не охоплені мережею гідрометричних спостережень, або охоплені не в належній мірі, тому безпосереднє практичне застосування у гідротехнічній практиці мають моделі та методи, які розроблені для випадку відсутності даних про стік.

3. Відповідно до класифікації Гопченка Є.Д., формули максимального стоку можна поділити на дві групи: формули, засновані на схематизації схилового і руслового (або лише руслового) гідрографів та формули, та засновані на теорії руслових ізохрон.

4. Нормативні документи, зокрема СНіП 2.01.14-83, ґрунтуються на спрощених редуційних структурах (при  $F > 200$  км<sup>2</sup>) і формулах граничної інтенсивності (при  $F < 200$  км<sup>2</sup>). Розрахунок максимального стоку річок Гірського Криму за даними структурами не забезпечений необхідними вихідними даними.

5. Результати розрахунків за методиками, які запропоновані у «Ресурсах поверхневих вод» та за П.Ф. Вишневським свідчать про неправомірність використання структур на сучасному етапі.

6. Методика, що запропонована Є.Д. Гопченком та Скорик О.Л. (1998 р.) потребує уточнення параметрів на сучасному етапі.

7. У роботі за базову для нормування розрахункових характеристик дощових паводків прийнята модифікована редуційна формула (2.114)

## РОЗДІЛ 3

СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО  
 МАКСИМАЛЬНОМУ СТОКУ ПАВОДКІВ ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ НА  
 РІЧКАХ ГІРСЬКОГО КРИМУ

Статистичні методи займають важливе місце при вирішенні багатьох задач і в першу чергу в галузі розрахунку характеристик максимального стоку. Враховуючи те, що у нашому розпорядженні у більшості випадків наявними є досить короткі часові ряди, поширене використання знайшли статистичні оцінки вибірових параметрів розподілу [86].

### 3.1 Критерії однорідності часових рядів

У випадках, коли у розпорядженні дослідника є порівняно короткі ряди спостережень, найчастіше використовується критерій Стюдента. Але за його допомогою оцінюється однорідність рядів, котрі характеризуються досить близькими значеннями дисперсій. Сам же критерій записується вигляді [94]

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

де  $\bar{y}$  і  $\bar{x}$  – середні значення двох рядів, що аналізуються на однорідність;

$\sigma_x^2$ ;  $\sigma_y^2$  – дисперсії вихідних рядів;

$n_x$ ;  $n_y$  – тривалість порівнюваних рядів.

Критерій  $t$  підкоряється розподілу Стюдента з числом степенів вільності  $k = n_x + n_y - 2$ . За нульову гіпотезу приймається умова, що  $\bar{y} = \bar{x}$ .

Критична область статистики Стюдента при  $q\%$  є рівні значущості з областю великих абсолютних значень, тобто  $|t| > t_{q,k}$ .

Для перевірки гіпотези однорідності дисперсій частіше за все використовується критерій Фішера  $F$  [85]

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

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

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

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

Уїлкоксон [95] 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 [95].

### 3.2 Аналіз однорідності і циклічності в рядах дощових паводків для річок Гірського Криму

Для аналізу були залучені дані постів з періодами спостережень більшими за 40 років, а результати наведені в додатках В.1 та В.2. Аналізуючи отримані результати по оцінці однорідності, слід відмітити, що характеристики максимального стоку дощових паводків для річок Гірського Криму у більшості випадків однорідні у часі. Так, ряди максимальних витрат води дощових паводків однорідні в 21 випадках з 23 за трьома критеріями, тобто 91,3% рядів є однорідними. Подібна ситуація спостерігається і для рядів шарів стоку - вони однорідні в 20 випадках з 22 за трьома критеріями (91%). Отже в цілому по території інформацію по максимальному стоку дощових паводків можна вважати однорідною [93;96;97].

Для аналізу можливих часових трендів в рядах максимального стоку паводків теплого періоду побудовані хронологічні графіки зв'язку  $Y_m = f(T)$  і  $Q_m = f(T)$ , приклади яких наводяться на рис. 3.1-3.6. Слід відмітити, що в якості прикладу обрані найбільш тривалі ряди максимального стоку в різних районах Гірського Криму - р.Дерекойка - м.Ялта (південний схил Кримських гір), р.Су-Індол - с.Тополівка (північно-східний схил Кримських гір) і р.Чорна - с.Родниківське (північно-західний схил).

Тренди для більшості постів відсутні, що підтверджують незначущі коефіцієнти кореляції (від 0,014 до 0,10). Значущими виявилися тренди для р.Дерекойка - м.Ялта (за шарами стоку) та р. Су-Індол - с. Тополівка (за витратами води).

Згідно [29;98] річка Дереккойка для Південного берегу Криму є джерелом водопостачання та зрошення. А на річці Су-Індол і на річках, які знаходяться на північно-східному схилі Кримських гір відбувається скид стічних вод, які в 1,5 разів більше середнього значення для Криму [99].



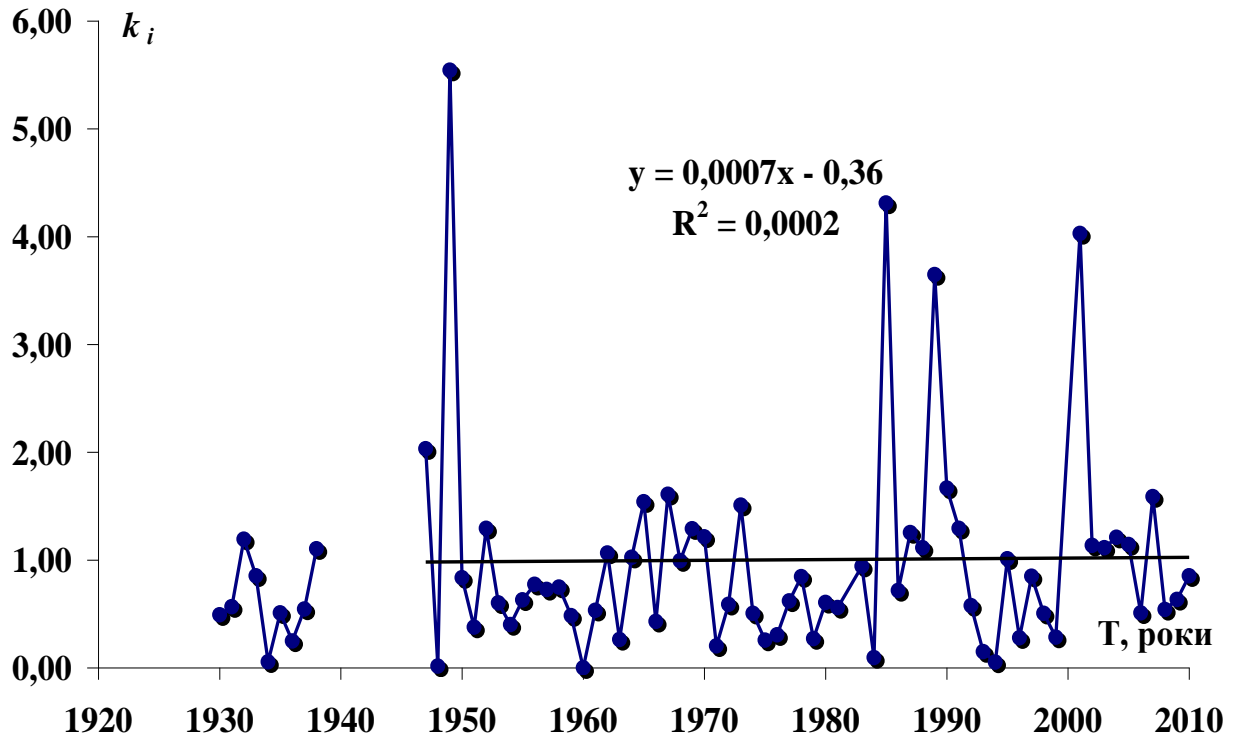


Рис. 3.1. Хронологічний графік ходу максимальних витрат води  
р.Чорна - с.Родниківське

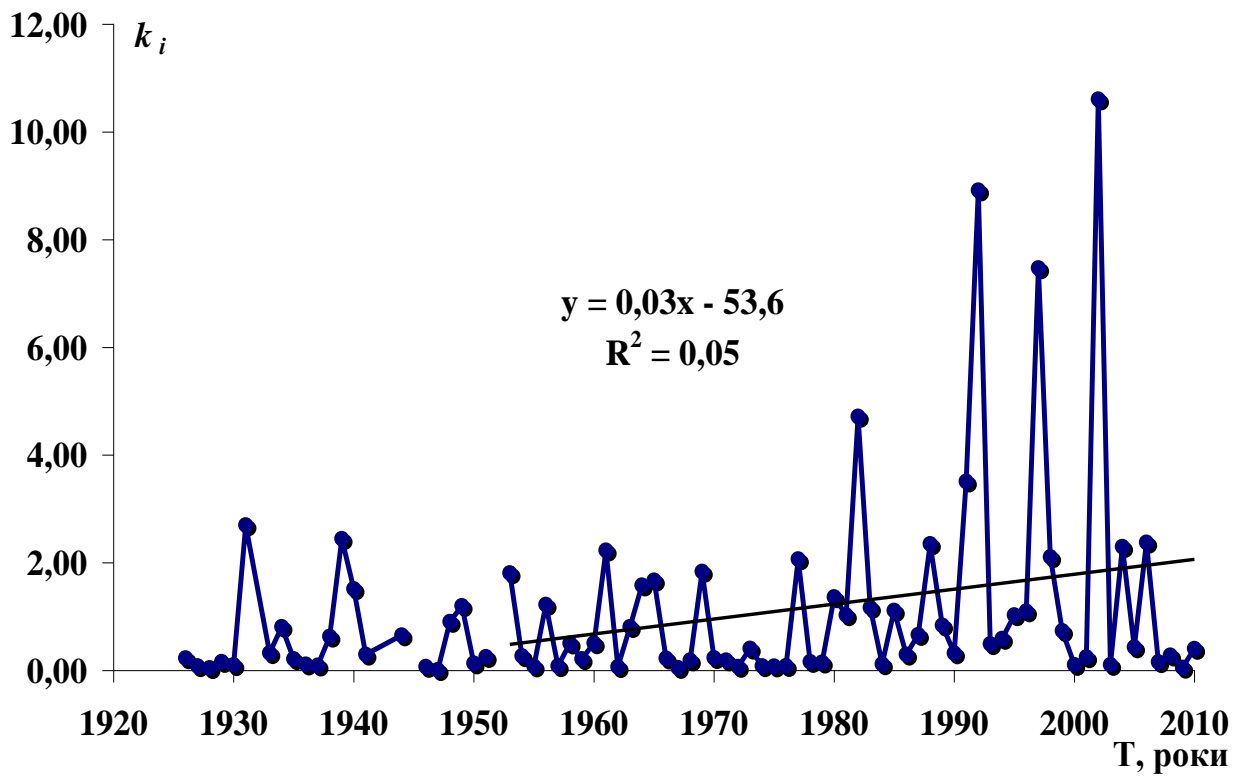


Рис. 3.2. Хронологічний графік ходу максимальних витрат води  
р. Су-Індол - с. Тополівка

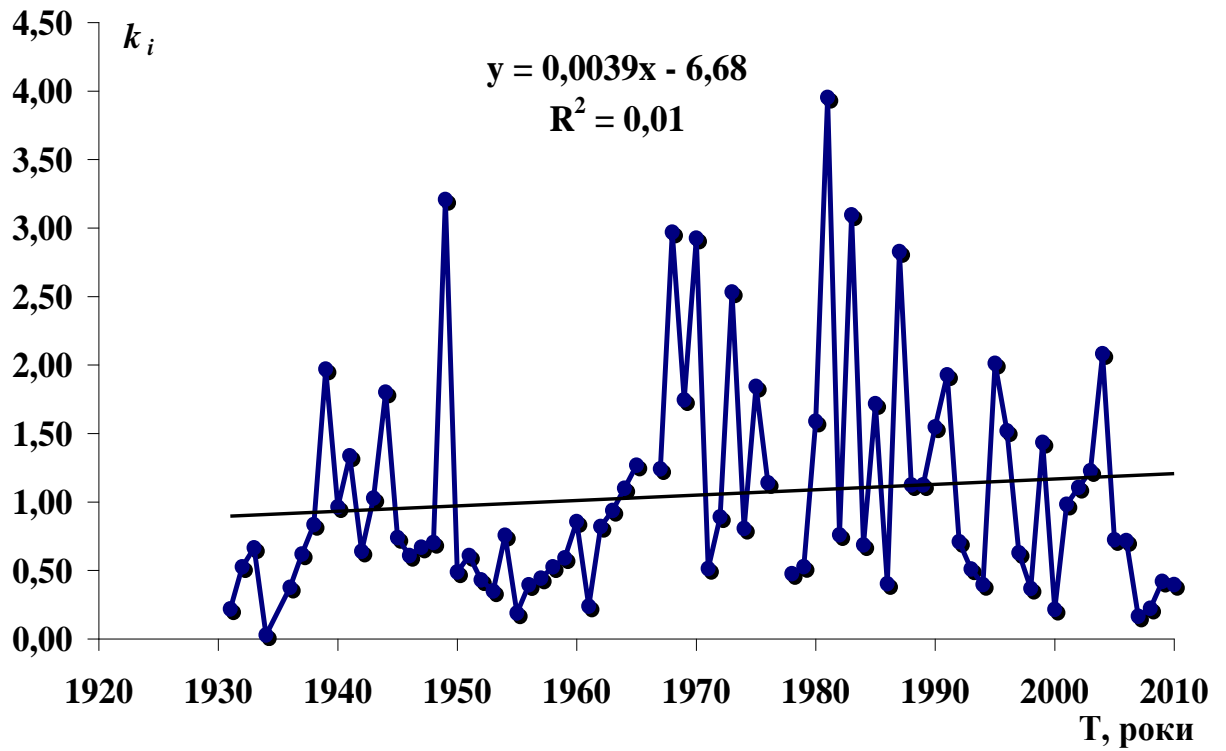


Рис. 3.3. Хронологічний графік ходу максимальних витрат води  
р.Дерекойка - м.Ялта

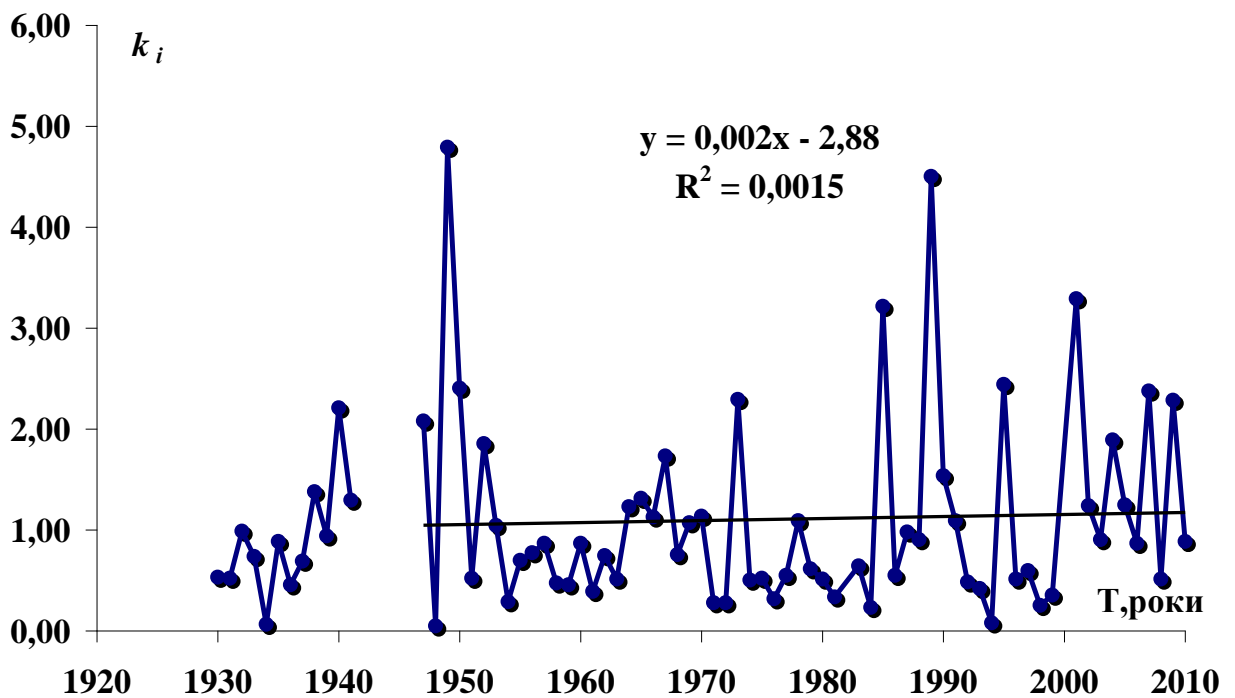


Рис. 3.4. Хронологічний графік ходу шарів паводочного стоку  
р.Чорна - с.Родниківське

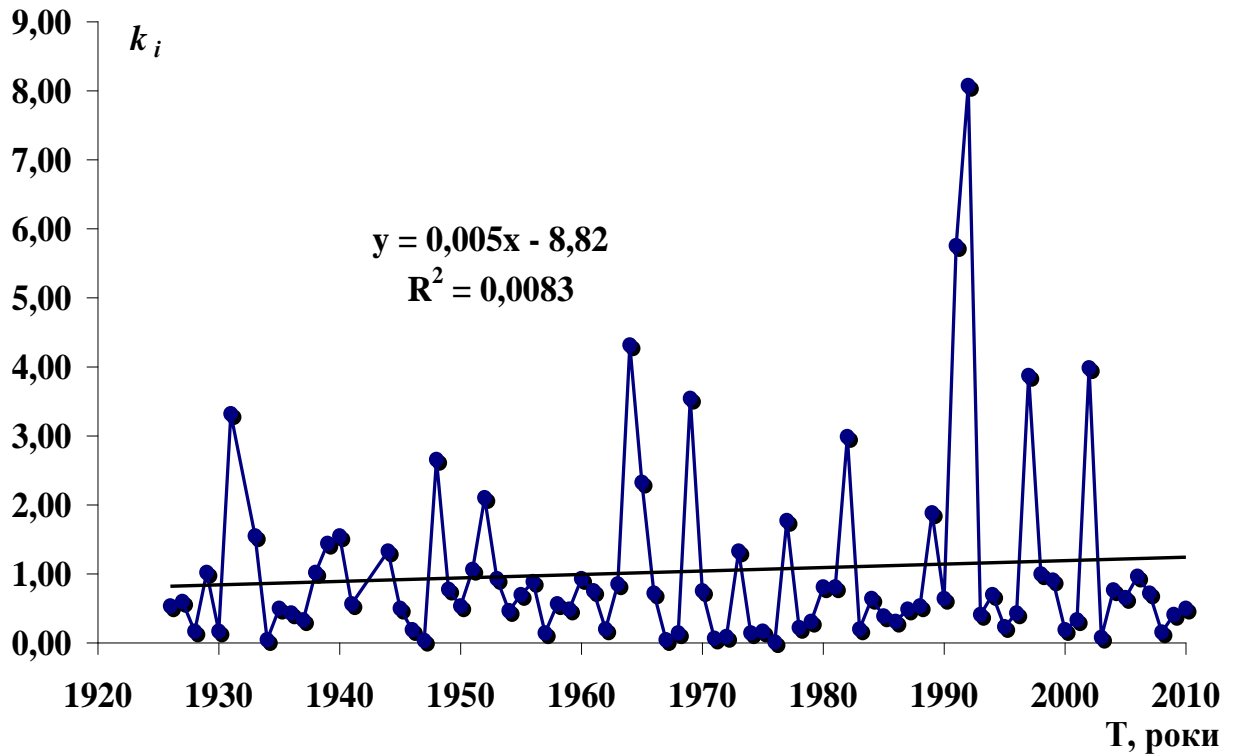


Рис. 3.5. Хронологічний графік ходу шарів паводочного стоку  
р.Су-Індол - с. Тополівка

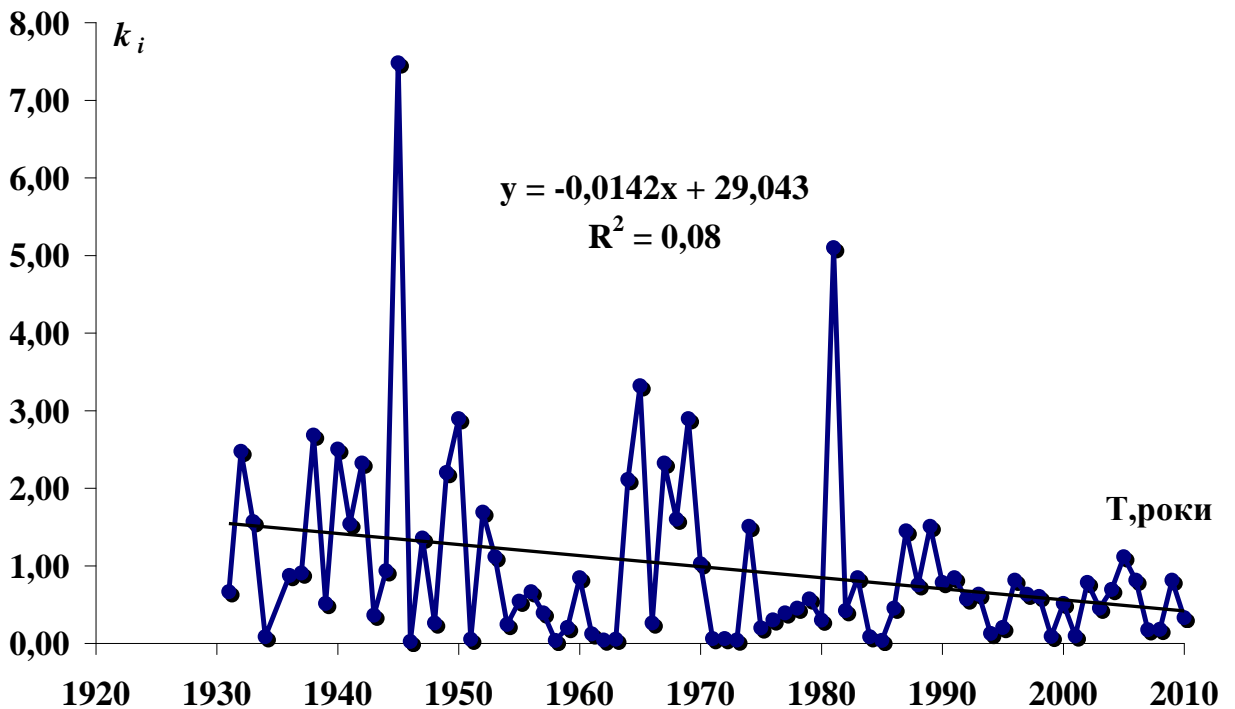


Рис. 3.6. Хронологічний графік ходу шарів паводочного стоку  
р.Дерекойка- м.Ялта

Для характеристики циклічності коливань максимальних витрат води та шарів паводочного стоку побудовані різницеві інтегральні криві для річок Гірського Криму залежно від експозиції схилу (рис.3.7-3.8). На рис.3.7 в багаторічному ході максимальних витрат води паводків можна виділити наступні фази водності:

- для річок північно-західного схилу Кримських гір - з 1949 по 1980 і 1999-2010 маловодну; з 1981 по 1998 – багатоводну (для річок Бельбек та Чорна), для річки Альма з 1948 по 1963 і 1969-1980 маловодну; з 1964-1968 і 1981-1990 – багатоводну;

- для річок північно-східного схилу Кримських гір - з 1946 по 1986 і 2007-2010 - маловодну; з 1986 по 2006 - багатоводну.

- для Південного берега Криму - з 1952 по 1986 – маловодну; з 1986 по 2010 - багатоводну.

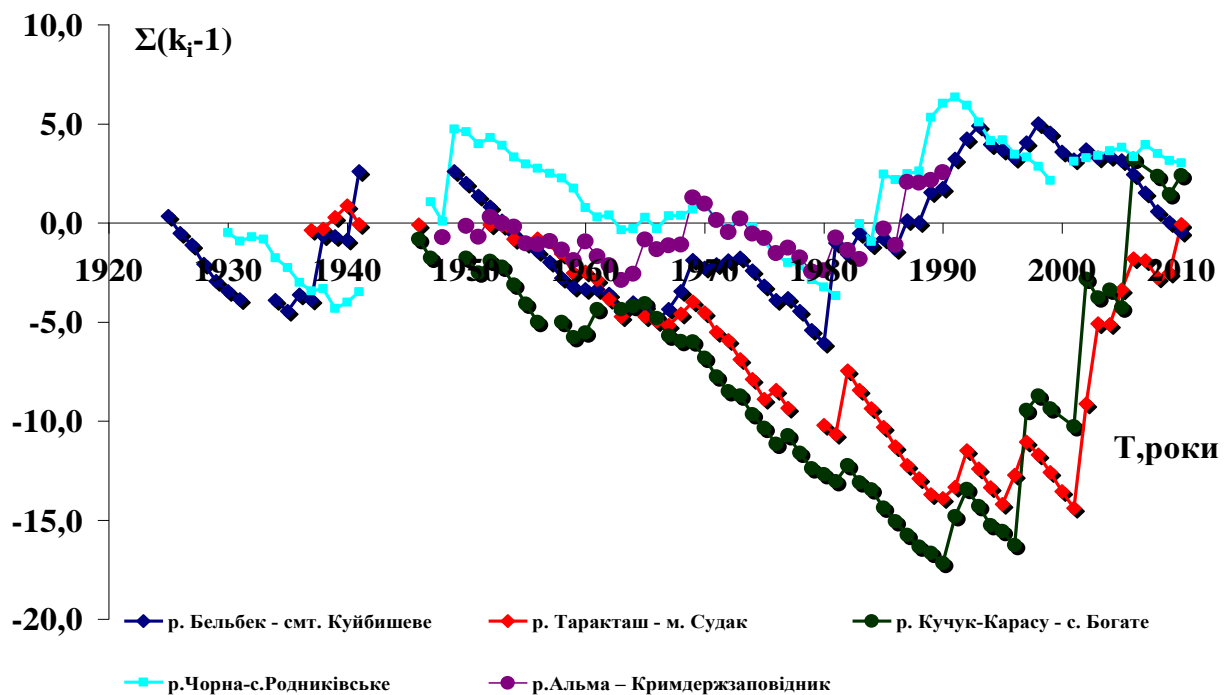


Рис. 3.7. Різницеві інтегральні криві максимальних витрат води дощових паводків для річок Гірського Криму

В цілому фази водності максимальних витрат води для річок північно-східного схилу і Південного берега Криму практично збігаються, а

неспівпадіння у ході стоку для річок північно-західного схилу можуть бути пояснені різною експозицією схилів по відношенню до вологонесучих повітряних мас і особливостями підстильної поверхні (наприклад, наявністю карсту) [93].

На рис.3.8 представлені різницеві інтегральні криві шарів паводочного стоку досліджуваних річок Криму. На відміну від максимальних витрат води, тут досить складно виділити чіткі межі фаз водності. Тим не менш, можна відзначити, що коливання шарів стоку річок північно-східного та південного схилів Кримських гір, так само як і у випадку максимальних витрат води, носять синхронний характер, а коливання стоку річок північно-західного схилу їм асинхронний.

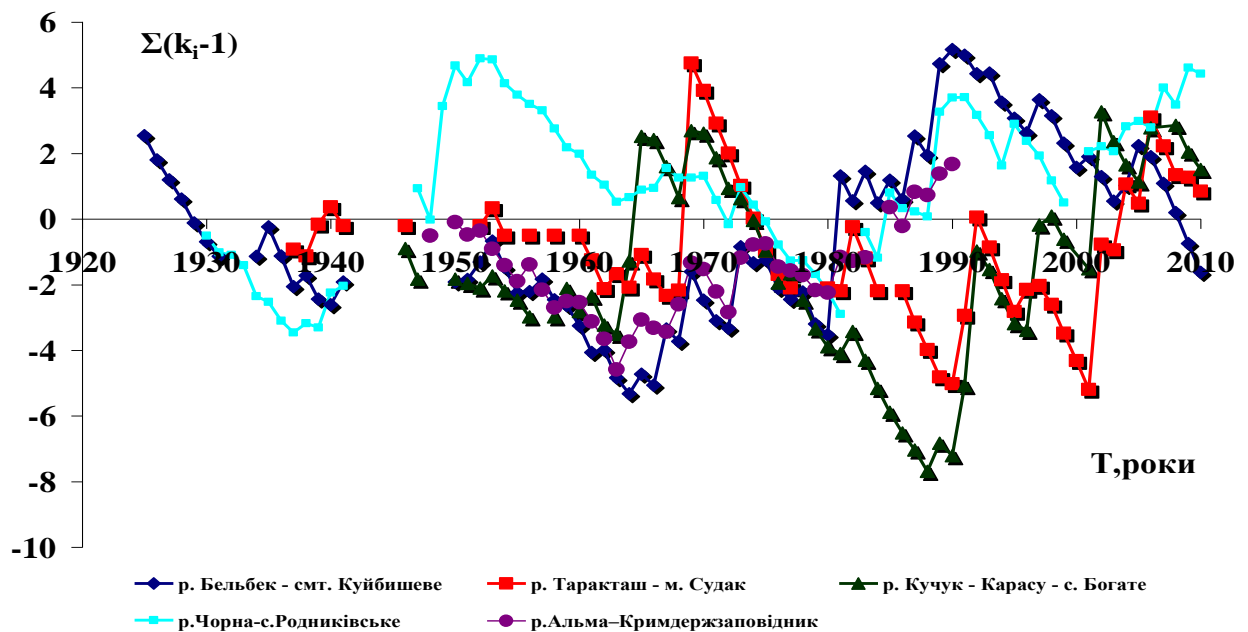


Рис. 3.8. Різницеві інтегральні криві шарів стоку дощових паводків для річок Гірського Криму

Отже, аналіз як хронологічних графіків, так і різницевих інтегральних кривих показав наявність повних циклів водності і відсутність значущих трендів для більшості річок Гірського Криму в ході максимального стоку дощових паводків теплого періоду року, а також підтвердив результати щодо однорідності вихідної інформації.

Таким чином, враховуючи початковий аналіз рядів максимального стоку паводків теплого періоду на річках досліджуваної території, можна дійти висновку щодо можливості застосування статистичних методів з метою отримання розрахункових характеристик кривих розподілу.

### 3.3 Методи, які використовуються для визначення статистичних параметрів теоретичних кривих розподілу

#### 3.3.1 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 [95].

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  $\alpha$ , центральні  $\mu$  та абсолютні  $\gamma$ , 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  $\alpha_i$  дорівнює математичному сподіванню  $m_x$ . Серед центральних найбільше застосування у статистиці знайшли моменти  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ ,  $\mu_4$  та їх безрозмірні характеристики. Вони мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

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

- 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  $\gamma_1$  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  $\alpha_1$  або математичне сподівання  $m_x$  є центром розподілу випадкових величин.

Другий центральний момент  $\mu_2$  або дисперсія  $\sigma_x^2$  характеризує розсіювання значень випадкової величини відносно математичного сподівання. Для більш наочної характеристики розсіювання зручно користуватися величиною, розмірність якої збігається з розмірністю випадкової величини. Отримана величина називається середнім квадратичним відхиленням (стандартом) випадкової величини і позначається символом  $\sigma_x$ . Стандарт, представлений у безрозмірному вигляді (3.8), називається коефіцієнтом варіації.

Третій центральний момент  $\mu_3$  характеризує ступінь асиметрії розподілу випадкових величин відносно математичного сподівання. Якщо



розподіл випадкової величини симетричний відносно  $m_x$ , то  $\mu_3$  дорівнює нулю. Безрозмірна характеристика асиметрії (3.9) називається коефіцієнтом асиметрії.

Четвертий центральний момент  $\mu_4$  використовується для характеристики так званої «крутості», тобто гостровершинності кривих розподілу. Ця властивість розподілу описується за допомогою так званого ексцесу (3.10) [95].

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

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

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

де  $k_i = \frac{x_i}{\bar{x}}$ .

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього та більш вищих порядків не відповідають вимогам незміщеності [94]. 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 розрахункові формули мають такий вигляд:

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

або

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

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

або

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

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.

### 3.3.2 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 [100].

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

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

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

Відповідно до правил диференціального числення для того, щоб знайти оцінку  $\theta$ , 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  $\theta$  існує його ефективна оцінка, то вона є єдиним в цьому випадку рішенням рівняння. Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним зміщенням. Але вигляд розрахункових формул статистичних параметрів залежать від обраного закону розподілу випадкової величини. Є.Г.Блохін [101] застосував метод найбільшої правдоподібності до трипараметричного гама-розподілу С.М.Крицького та М.Ф.Менкеля [100]. 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  $\lambda$  дорівнює середньоарифметичному значенню випадкової величини  $X$ . Дві інші ( $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ) функціонально зв'язані з коефіцієнтом варіації  $C_v$  та коефіцієнтом асиметрії  $C_s$ . Для переходу від  $\lambda_2$  та  $\lambda_3$  до  $C_v$  та  $C_s/C_v$  побудовані спеціальні номограми.

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

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

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

### 3.4 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води на річках Гірського Криму

Відповідно до рекомендацій СНіП 2.01.14-83 [31], статистична обробка рядів максимальних витрат води здійснюється з використання кривих біноміального й трипараметричного гама-розподілу.

Статистичні параметри емпіричних рядів максимальних витрат води по 54 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 максимальних витрат води наведені в додатку В.3. Значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,39 (притока р.Кучук-Узеньбаш) до 2,99 (струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка), а  $C_v$ , розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,39 (притока р.Кучук-Узеньбаш) до 3,26 (струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка). З метою порівняння цих величин побудовано відповідний графік (рис.3.9).

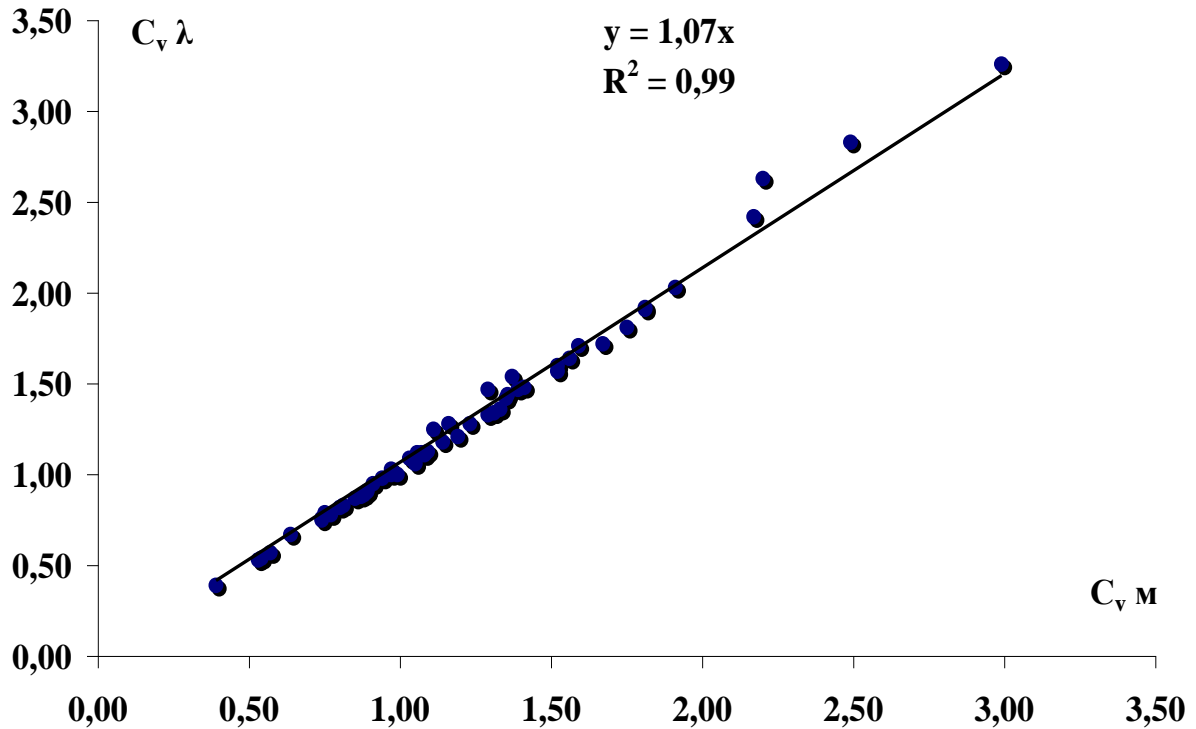


Рис. 3.9. Порівняння коефіцієнтів варіації максимальних витрат води дощових паводків, розрахованих за методами моментів (вісь абсцис) і найбільшої правдоподібності (вісь ординат)

При значеннях коефіцієнтів варіації, менших за 1,0, результати за обома методами практично однакові. Що стосується діапазону  $C_v > 1,0$ , то в цьому випадку метод найбільшої правдоподібності дає значення, вищі приблизно на 7 %. Оскільки в нормативному документі [31] 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 0,29 (притока р.Кучук-Узеньбаш) до 14,19 (струм.Кизилтаський - смт.Щебетівка) при середній величині – 3,80; співвідношення  $C_s/C_v$  за результатами використання методу найбільшої правдоподібності можна осереднити і прийняти на рівні 3,0.

*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 [102]. 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 додатку В.4.

Найбільше значення модуля стоку 1%-ної забезпеченості спостерігається на р.Біюк - Карасу - с.Карасівка -  $8,88 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  ( $F=3,5 \text{ км}^2$ ,  $H_{cp}=390 \text{ м}$ ), а мінімальний дорівнює  $0,01 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ - для р. Салгир - с.Листв'яне ( $F=3540 \text{ км}^2$ ,  $H_{cp}=490 \text{ м}$ ).

Для переходу до інших забезпеченостей рекомендуються перехідні коефіцієнти  $\lambda_p$ , одержані із залежності  $Q_p = f(Q_{1\%})$  (табл.3.1).

Порівнюючи коефіцієнти  $\lambda_p$ , які отримані за сучасними даними та наведені в нормативному документі СНіП 2.01.14-83 [31], можна відмітити, що вони близькі за значеннями. Отже, ці величини є стійкими в часі та можуть бути використані у подальших розрахунках.

Таблиця 3.1

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

$P\%$	1,0	3,0	5,0	10
$\lambda_p$	1,0	0,67	0,53	0,37

У роботі виконано порівняння максимальних витрат води дощових паводків за весь період спостережень з отриманими при статистичній обробці до 2010 року витратами води 1%-ої ймовірності перевищення. Як добре ілюструє рис.3.10, статистична обробка дозволяє з досить високою точністю визначити величини 1%-ої забезпеченості.

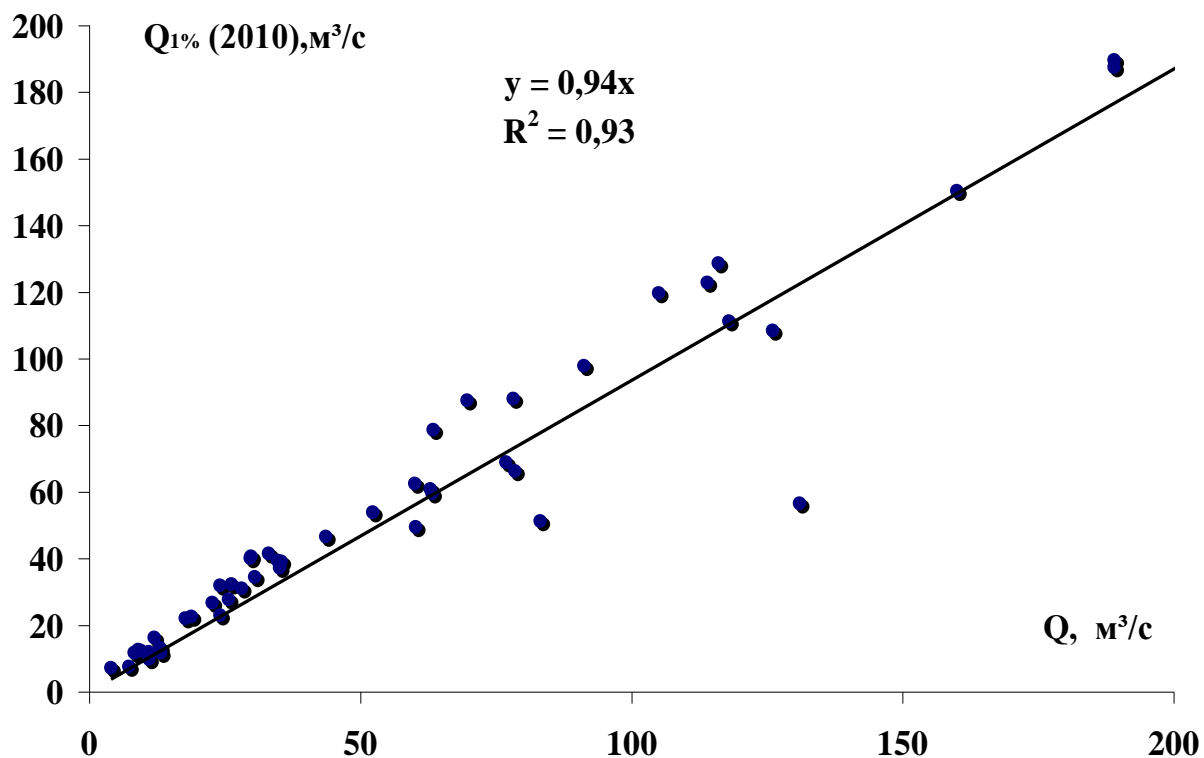


Рис.3.10. Порівняння витрат води 1%-ої забезпеченості, розрахованих за результатами статистичної обробки до 2010 р. із максимальними спостереженими витратами води дощових паводків



### 3.5 Статистична обробка часових рядів шарів стоку дощових паводків на річках Гірського Криму

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 додатку В.5.

Коефіцієнти варіації шарів стоку дощових паводків досліджуваних річок у методі найбільшої правдоподібності коливаються в межах від 0,61 (р.Альма - с.Карагач,  $F=249$  км<sup>2</sup>) до 2,78 (струм. Кизилтаський – смт. Щебетівка,  $F=35$  км<sup>2</sup>).

Коефіцієнти асиметрії шарів стоку дощових паводків  $C_s$  знаходяться в межах від 0,5 (р.Альма - с.Карагач,  $F=249$  км<sup>2</sup>,) до 11,9 (струм. Кизилтаський – смт.Щебетівка,  $F=35$  км<sup>2</sup>). У подальших розрахунках прийняті параметри статистичного розподілу, отримані методом найбільшої правдоподібності, а співвідношення  $C_s / C_v$  осереднене на рівні 2,5.

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  $C_v$ .

За формулою (3.31) розраховуються шари стоку заданої забезпеченості. Отримані результати представлені в додатку В.6. Шари стоку 1% - ої забезпеченості дощових паводків коливаються від 10 мм (р.Салгир - с.Листв'яне,  $F = 3540 \text{ км}^2$ ,  $H_{cp} = 490 \text{ м}$ ) до 1238 мм (притока р.Кучук - Узеньбаш,  $F = 2,46 \text{ км}^2$ ,  $H_{cp} = 530 \text{ м}$ ).

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

Як у випадку із максимальними витратами води, у роботі також виконано порівняння шарів стоку дощових паводків з отриманими при статистичній обробці до 2010 року та шарами стоку 1%-ої ймовірності перевищення (рис.3.11).

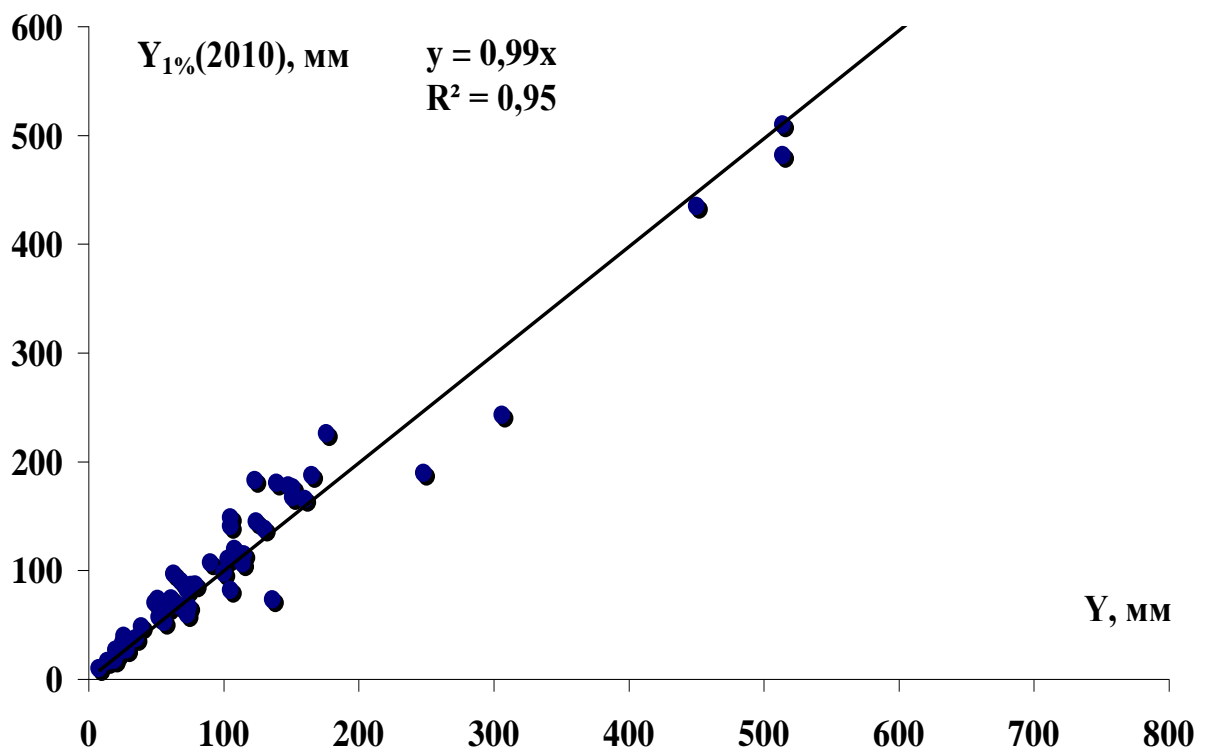


Рис.3.11. Порівняння шарів стоку 1%-ої забезпеченості, розрахованих за результатами статистичної обробки до 2010 р. із максимальними спостереженими шарами стоку дощових паводків

Враховуючи високий коефіцієнт кореляції ( $r = 0,97$ ) отриманої залежності, можна вважати, що одиниці шари стоку паводків теплого періоду, отримані в результаті статистичної обробки, відповідають спостереженим максимумам.

### 3.6 Дослідження впливу зональних та азональних факторів на шари стоку паводків

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 [103].

1. Фактори зональні, величина яких визначається повністю географічними координатами басейну. Ці фактори називаються також кліматичними. Основними кліматичними факторами стоку є опади та випаровування. З точки зору формування максимального стоку дощових паводків особливої уваги заслуговують зливи та зливові дощі, так як вони характеризуються великими коливаннями інтенсивності за певний період часу. Тобто кліматичні фактори головним чином впливають на величину шарів стоку за паводок.

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.

Так, проф. Н.С.Лободою у [21] оцінені характеристики зонального стоку за кліматичними сценаріями для оцінювання та передбачення стану водних ресурсів з урахуванням водогосподарської діяльності, наслідки впливу якої також визначаються кліматичними факторами. В випадках формування паводків теплового періоду азональні фактори можуть мати першочерговий вплив та дещо порушувати зональність кліматичних факторів.

До таких факторів відноситься карст, який поширений в гірській частині Криму. Його вплив на максимальний стік досить суперечливий. З однієї сторони, поглинання закарстованими гірськими масивами талих і дощових вод сприяє зниженню максимального стоку, з другої сторони, у верхів'ях потужних карстових джерел спостерігається різкий карстовий скид, в результаті чого максимальний стік підвищується.

З метою аналізу впливу різних факторів на максимальний стік теплового періоду на річках Гірського Криму використані дані 54 гідрологічних постів стаціонарної мережі Гідрометслужби України. Площі досліджуваних водозборів змінюються у діапазоні від 0,32 км<sup>2</sup> (б. Склеяста - с. Міжріччя) до 3540 км<sup>2</sup> (р.Салгир - с.Листв'яне), середні висоти – від 340 м (р.Таракташ - м.Судак) до 980 м (р.Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя, р.Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе), залісеність водозборів коливається в межах від 87 % (струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка) до 7 % (р.Малий Салгир-м.Сімферополь). Заболоченість та озерність практично відсутні, але на річках Криму нараховується 23 великих водосховища загальним об'ємом 399,47 млн.км<sup>2</sup>. Отже всі ці фактори можуть впливати на величину максимального стоку паводків в тій чи іншій мірі.

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.3.12).

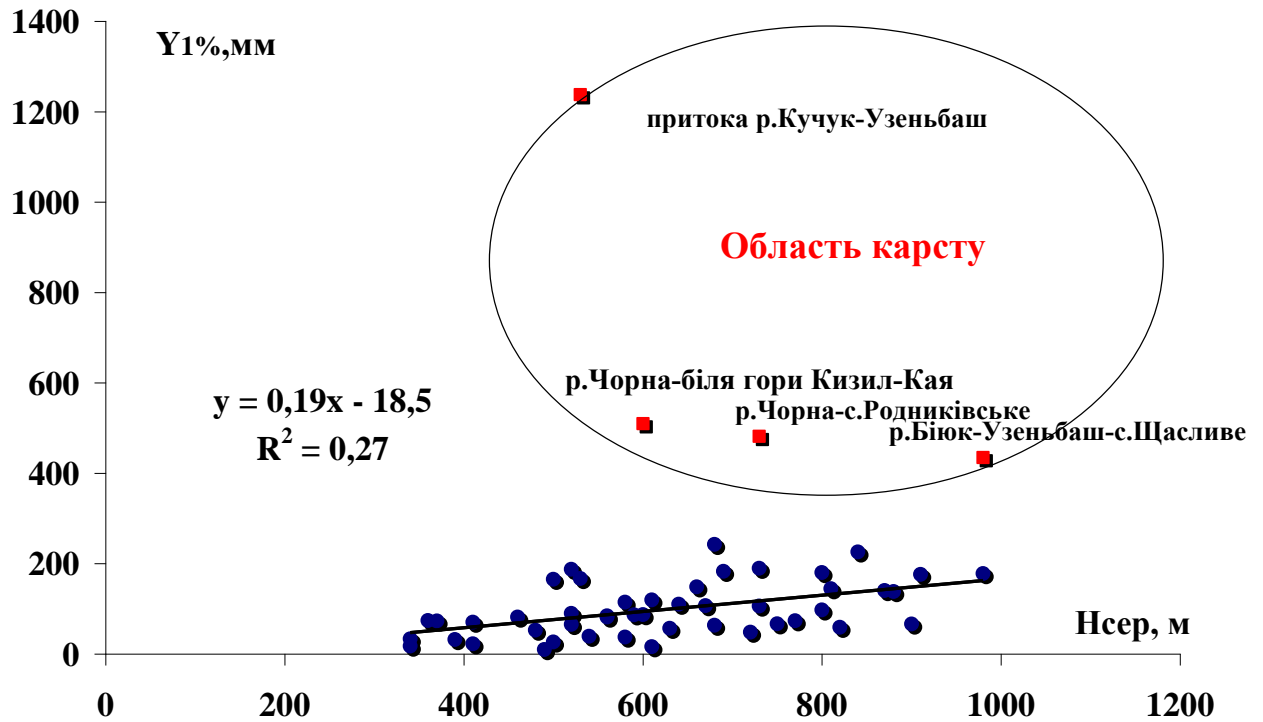


Рис. 3.12. Залежність шарів стоку дощових паводків  $Y_{1\%}$  від середньої висоти водозборів  $H_{сер}$

В цілому для річок досліджуваної території спостерігається закономірне збільшення шарів стоку із ростом висоти місцевості. Отримана залежність може бути представлена лінійним рівнянням зі значущим коефіцієнтом кореляції ( $r=0,52$ ). З іншого боку, отримана залежність може бути застосована лише для тих водозборів, для яких немає значного впливу карсту. До області карсту увійшли р.Біюк-Узеньбаш - с.Щасливе, р.Чорна - с.Родниківське, р.Чорна - біля гори Кизил-Кая та притока р.Кучук-Узеньбаш. Для цих водозборів значення шарів стоку  $Y_{1\%}$  значно вищі за районні, і на нашу думку, це пов'язане з додатковим припливом карстових вод з сусідніх водозборів.

Надалі, з метою оцінки впливу інших факторів на шари стоку паводків теплового періоду, величини  $Y_{1\%}$  були приведені до єдиної умовної висоти (600 м). Аналіз залежностей  $Y_{H=600}$  від широти місцевості та залісеності водозборів показав, що вони є незначущими (рис.3.13,3.14).

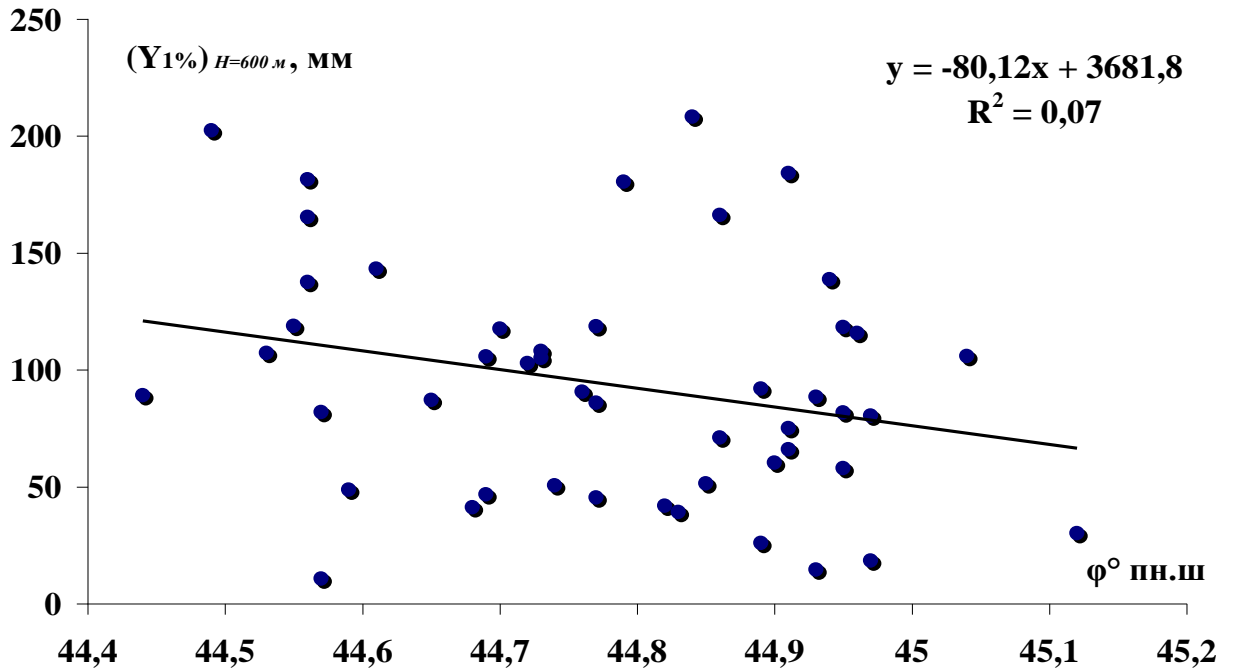


Рис. 3.13. Залежності шарів стоку  $Y_{H=600}$  від широти місцевості

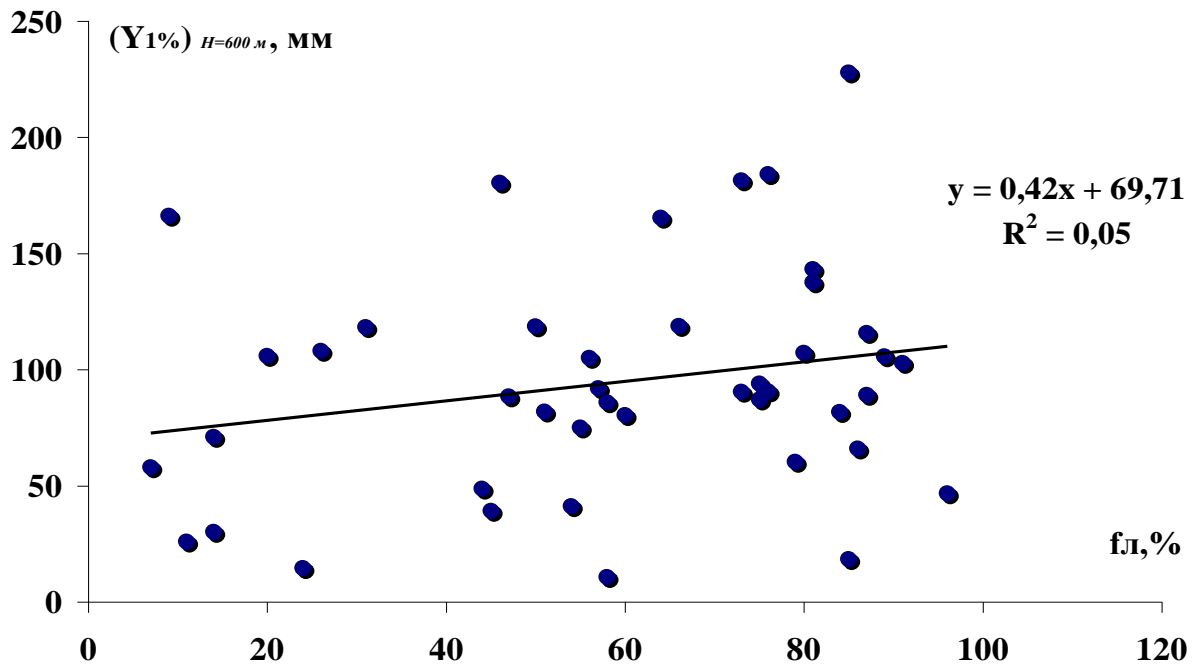


Рис. 3.14. Залежності шарів стоку  $Y_{H=600}$  від залісеності водозборів

В результаті, можна зробити висновок, що основними чинниками, які істотно впливають на шари стоку дощових паводків є середня висота водозборів та карст [104]. У подальшому при узагальненні шарів стоку та інших характеристик максимального стоку паводків на досліджуваній території цей факт необхідно враховувати.

### 3.7 Оцінка точності вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків теплого періоду річок Гірського Криму

Для об'єктивної оцінки точності обчислення максимальних витрат води різної ймовірності перевищення необхідно визначити їх середню квадратичну погрішність.

Середня квадратична похибка квантилів визначається за допомогою кривої Пірсона III типу, виходячи з двох перших вибірових статистичних моментів і заданого співвідношення між коефіцієнтами варіації й асиметрії за методикою Г.А.Алексєєва [84]:

$$\sigma_{Q_{1\%}} = \frac{100}{Q_{P_{1\%}}} \sqrt{(1 + C_v \Phi_{P_{1\%}})^2 \cdot \frac{C_v^2 \bar{Q}_m^2}{n} + \left( \Phi_{P_{1\%}} + C_s \frac{d\Phi_p}{dC_s} \right) \cdot C_v^2 \bar{Q}_m^2 \cdot \left( \frac{C_v^2}{n} + \frac{1 + 0,75C_s^2}{2n} - \frac{C_s C_v}{n} \right)}, \quad (3.33)$$

де  $n$  - кількість років спостережень;

$\frac{d\Phi_p}{dC_s}$  - похідна, яка приблизно може бути обчислена за формулою:

$$\frac{d\Phi_p}{dC_s} = \frac{\Phi(P, C_s + \Delta C_s) - \Phi(P, C_s)}{\Delta C_s}. \quad (3.34)$$

За допомогою сусідніх значень  $\Phi(P, C_s)$  і  $\Phi(P, C_s + \Delta C_s)$  у таблиці нормованих квантилів кривої Пірсона III типу для гама-розподілу при

використанні методу моментів середню квадратичну погрішність квантилів визначають за формулою:

$$\sigma_{Q_p} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{k_p^2 + \frac{1+3C_v}{2} \left( \frac{dk_p}{dC_v} \right)^2}. \quad (3.35)$$

У разі використання методу найбільшої правдоподібності:

$$\sigma_{Q_p} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{k_p^2 + \frac{3}{2C_v + 3C_v^2} \left( \frac{dk_p}{dC_v} \right)^2}, \quad (3.36)$$

де  $\sigma, C_v$  - параметри розподілу;

$k_p$  - нормована ордината кривої розподілу ймовірності перевищення  $P\%$ ;

$\frac{dk_p}{dC_v}$  - похідна, яка приблизно обчислюється за таблицями ординат розподілу.

С.М.Крицький і М.Ф.Менкель розробили номограми для визначення відносної стандартної погрішності квантилів трипараметричного гамма-розподілу  $\left( E_\sigma = \frac{\sigma_{Q_p} \sqrt{n}}{Q_p} \right)$  із закріпленими відношеннями  $C_s = 2C_v, 3C_v, 4C_v$ .

Таким чином, визначивши величину  $E_\sigma$  за номограмою, знайдемо відносну середню квадратичну похибку квантилів  $Q_p$  за формулою:

$$\sigma_{Q_{1\%}} = \frac{E_\sigma}{\sqrt{n}} \cdot 100. \quad (3.37)$$

За формулою (3.37) розраховуються середні квадратичні похибки 1%-вих квантилів  $Q_{1\%}$  вихідних рядів максимальних витрат води (додаток Д).

Точність даних по максимальному стоку паводків теплого періоду річок Гірського Криму становить 21,6%.



### Висновки до розділу 3

1. Перевірка однорідності вихідної інформації за допомогою критеріїв Стюдента, Фішера та Уїлкоксона показала, що характеристики максимального стоку дощових паводків для річок Гірського Криму у більшості випадків однорідні у часі. Так, ряди максимальних витрат води дощових паводків однорідні в 21 випадках з 23 за трьома критеріями, тобто 91% рядів є однорідними. Подібна ситуація спостерігається і для рядів шарів стоку - вони однорідні в 20 випадках з 22 за трьома критеріями (91%). Отже в цілому по території інформацію по максимальному стоку дощових паводків можна вважати однорідною.

2. Аналіз як хронологічних графіків, так і різницевих інтегральних кривих показав наявність повних циклів водності і відсутність значущих трендів для більшості річок Гірського Криму в ході максимального стоку дощових паводків теплого періоду року, а також підтвердив результати щодо однорідності вихідної інформації.

3. Статистична обробка характеристик максимального стоку на річках Гірського Криму проводилась за методами моментів та найбільшої правдоподібності. В результаті отримані основні статистичні параметри – середні значення рядів, коефіцієнти варіації й асиметрії.

4. При визначенні розрахункових характеристик паводків (максимальних витрат води і шарів стоку) використовувались статистичні параметри розподілу і крива трипараметричного гама-розподілу. Порівняння отриманих величин заданої забезпеченості із спостереженими максимумами показало їх задовільну збіжність.

5. Точність даних по максимальному стоку паводків теплого періоду річок Гірського Криму становить 21,6%.

## РОЗДІЛ 4

## ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РУСЛОВОГО ДОБІГАННЯ ТА СХИЛОВОГО ПРИПЛИВУ ПІД ЧАС ПАВОДКІВ НА РІЧКАХ ГІРСЬКОГО КРИМУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНИХ МЕТОДІВ

## 4.1 Обґрунтування регіональної формули швидкості руслового добігання

При розробці методик визначення максимального стоку річок у більшості моделей одним з основних параметрів є тривалість руслового добігання, яка в свою чергу визначається через її швидкість.

За наявності гідрометеорологічних вимірювань у розпорядженні дослідника зазвичай є дані про швидкості течії в окремих створах. Що ж до швидкостей добігання хвиль паводків, то такі дані, як правило, відсутні або їх складно отримати. Також слід враховувати ту обставину, що дощові паводки характеризуються короткочасністю проходження, а стандартні спостереження на гідрометеорологічній мережі проводяться лише в два строки (зазвичай, в 8<sup>00</sup> і 20<sup>00</sup>), отже піки паводків можуть взагалі бути не зареєстровані.

Розробкою формул швидкостей добігання займалися багато відомих учених-гідрологів: Г.А.Алексєєв [84], А.Н.Бефані [76], Р.А.Нежиховский [105], М.Ф.Срібний [76;105], Д.Л.Соколовський [61], Н.В.Лаликін [106], О.Г.Іваненко [107], Є.Д.Гопченко [108;109], Б.В.Кіндюк [110;111] та ін.

В основу більшості з них покладені дані про швидкості течії. Є підходи, коли швидкість добігання визначається безпосередньо в самій структурі формули максимального стоку, наприклад, Г.А.Алексєєва [84].

На нашу думку, найбільш перспективним є підхід, який пов'язаний з геометричною схематизацією поперечних перерізів русел. Найбільше розповсюдження знайшли два варіанти такої схематизації:

а) за Р.А. Нежіховським [105]

$$B = bh^m; \quad (4.1)$$

та

б) за А.М. Бефані [76]

$$h = A\omega^{r_0}, \quad (4.2)$$

де  $B$  – ширина річки;

$h$  – максимальна глибина потоку;

$\omega$  - площа поперечного перерізу;

$m$  и  $r_0$  – параметри, чисельні значення які залежать від форми поперечних перерізів русел.

В якості методичної основи для розрахунку швидкості добігання пропонується використовувати відому в гідравліці формулу Шезі:

$$V = \frac{1}{n_p} I^x h^z, \quad (4.3)$$

де  $V$  - швидкість течії;

$I$  - ухил русла;

$h$  - середня глибина потоку;

$n_p$  - коефіцієнт шорсткості;

$x$  і  $z$  - деякі гідравлічні показники.

Тоді, з урахуванням (4.3), швидкість руслового добігання описується рівнянням вигляду [61;76;106;111]:

$$V = aQ^\alpha I^\beta, \quad (4.4)$$

де  $a$  - коефіцієнт, що враховує форму перетину і шорсткість русла;  
 $\alpha$  і  $\beta$  - гідравлічні показники.

За Р.А. Нежиховським [105], с урахуванням (4.1) і (4.4),  $\alpha$  і  $\beta$  дорівнюють:

$$\alpha = \frac{1}{1,5m + 2,5}; \quad (4.5)$$

$$\beta = \frac{0,75(m+1)}{1,5m + 2,5}, \quad (4.6)$$

де  $m$  – параметр, що враховує форму русла і представляє собою тангенс кута нахилу лінії зв'язку  $B = f(\omega)$  до вісі абцис.

За А.М. Бефані [76], спираючись на (4.2) і (4.4),  $\alpha$  і  $\beta$  дорівнюють:

$$\alpha = \frac{r}{r+1}; \quad (4.7)$$

$$\beta = \frac{1}{2(r+1)}, \quad (4.8)$$

де  $r = r_0 z$ ,  $r_0$  - також як і  $m$ , що враховує форму русла і являє собою тангенс кута нахилу лінії зв'язку  $h = f(\omega)$ , а  $z$  – залежить від типу русел.

Свого часу, у роботі [76] її авторами для річок України обґрунтовані параметри формули швидкості руслового добігання з використанням схематизації А.М.Бефані.

В дисертаційному дослідженні пропонується варіант розрахунку, який враховує дві схематизації - А.М.Бефані (за глибиною потоку) та Р.А. Нежиховського (за шириною потоку).

У довідковій літературі [109] вихідні дані по вимірних витратах води для річок Гірського Криму надані по 34 водозборах з діапазоном площ від 4,5 км<sup>2</sup> (р. Байдарка – с. Орлине) до 3540 км<sup>2</sup> (р. Салгир – с. Листв'яне), отже по них й виконані розрахунки.

Для обґрунтування регіональних параметрів розрахункової формули руслового добігання для річок Гірського Криму першим етапом є побудова залежностей вигляду  $B = f(h)$  і  $h = f(\omega)$  для всіх досліджуваних водозборів (рис.4.1 – 4.4).

Для річок Криму ці залежності виражені досить добре, з високими коефіцієнтами кореляції.

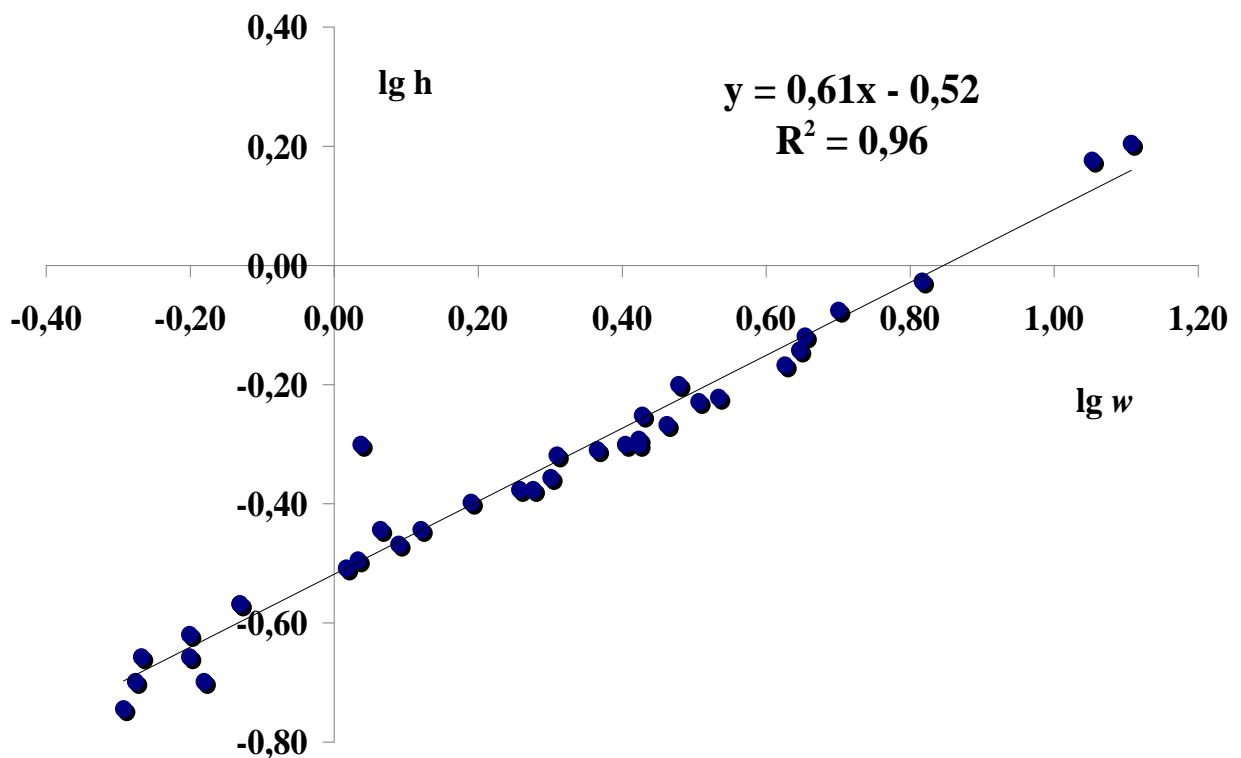


Рис. 4.1. Залежність між максимальною глибиною і площею поперечного перерізу р.Кокозка-с.Аромат

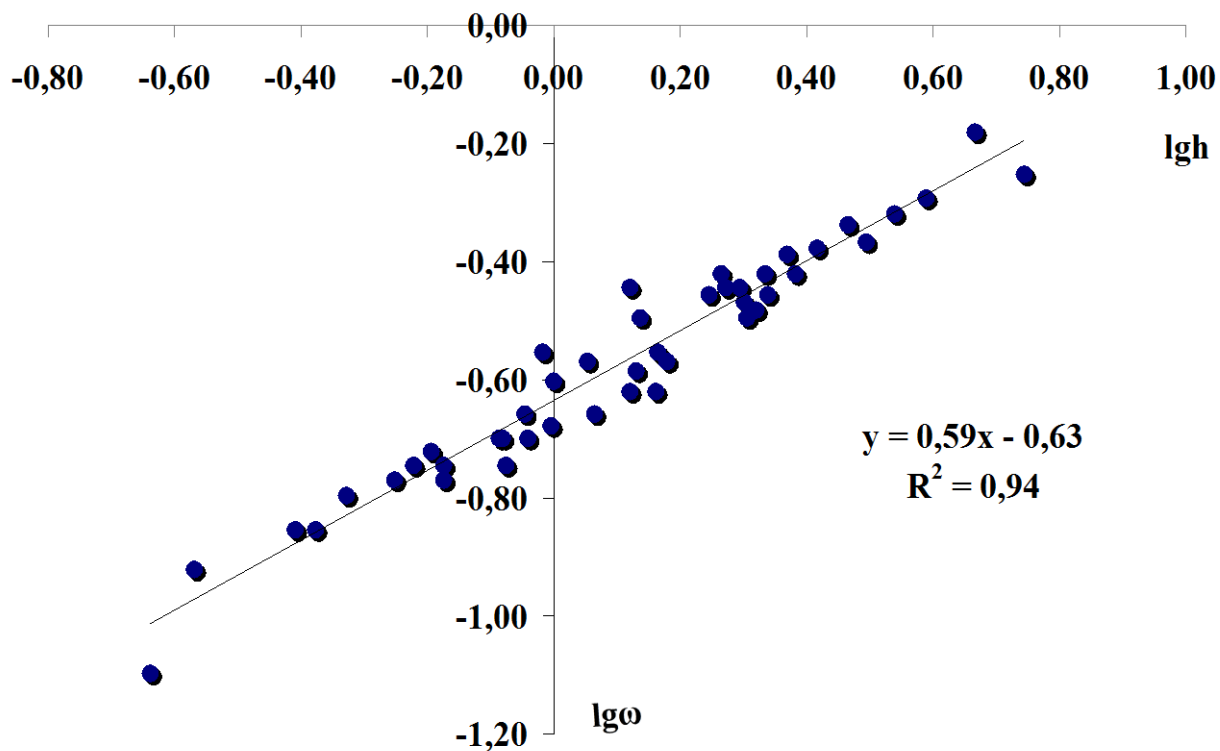


Рис. 4.2. Залежність між максимальною глибиною і площею поперечного перерізу р.Кача - с.Загірське

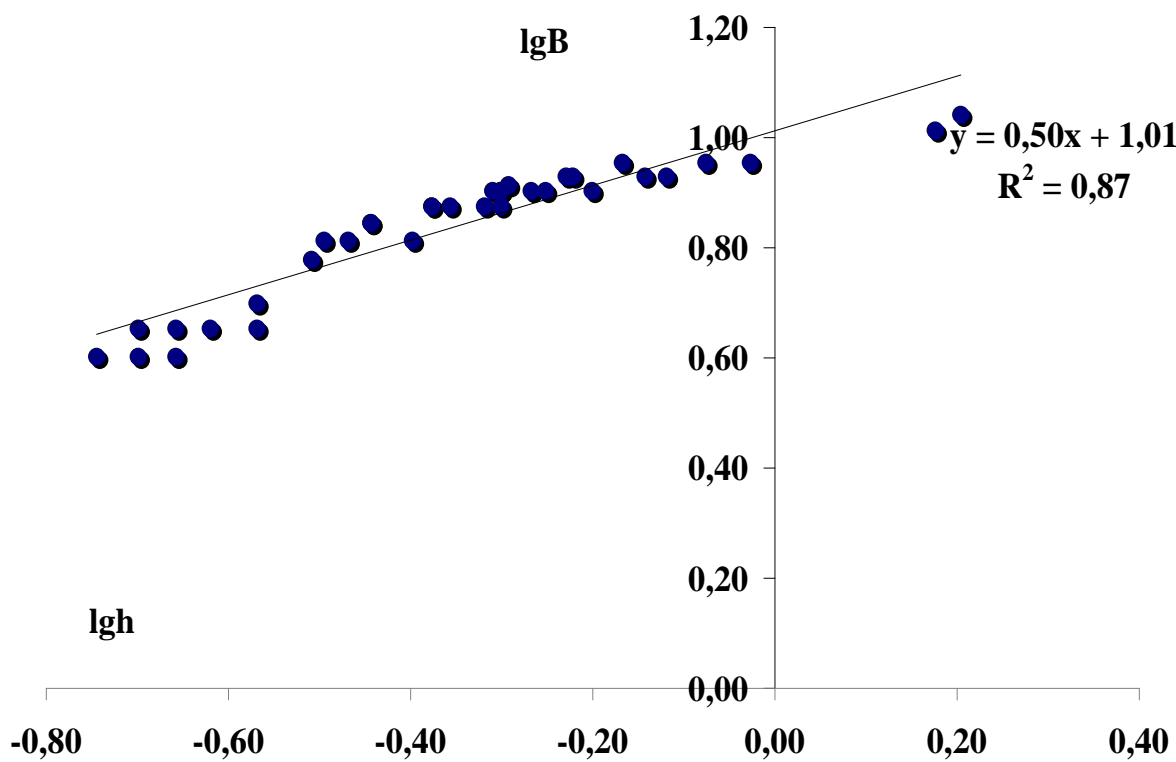


Рис. 4.3. Залежність між шириною і глибиною р.Кокозка-с.Аромат

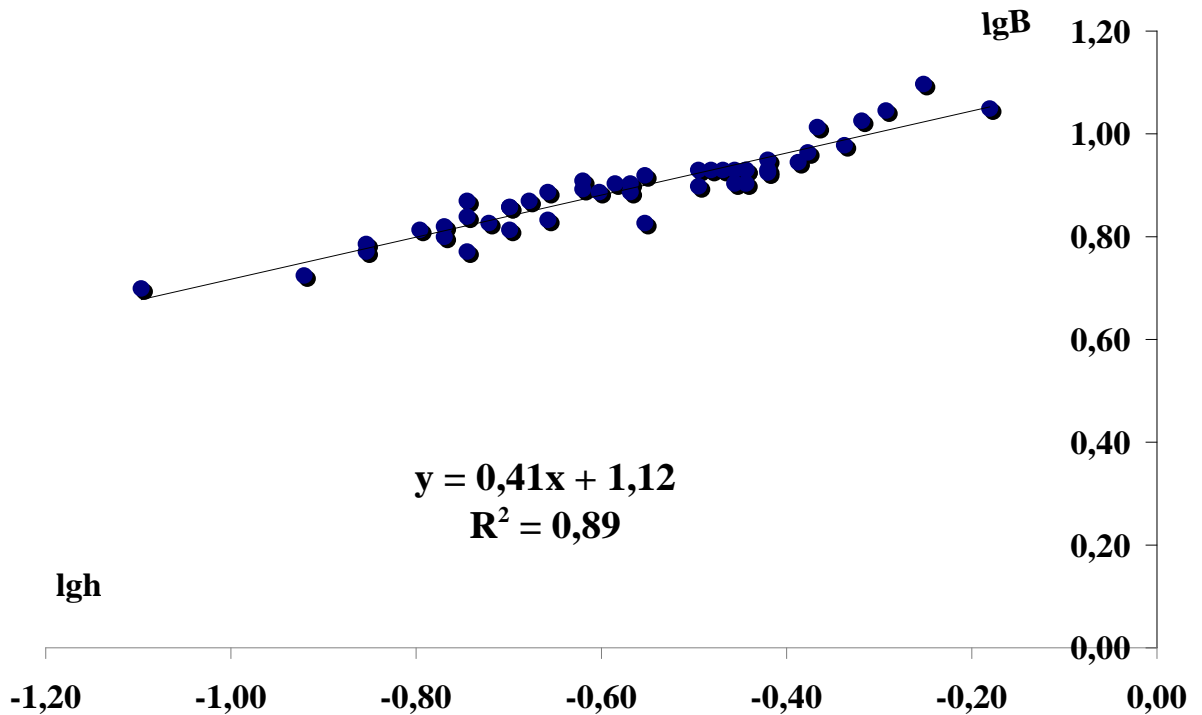


Рис. 4.4. Залежність між шириною і глибиною р.Кача - с.Загірське

По залежностям  $h = f(\omega)$  отримані значення  $r_0$ , а по  $B = f(h) - m$ , які входять до формул (4.1) і (4.2). Перевірка цих параметрів на нормальність за критерієм Гауса [94] показала можливість їх осереднення по всій території на рівні  $\bar{r}_0 = 0,65$  і  $\bar{m} = 0,40$ .

З урахуванням отриманих параметрів гідравлічні показники  $\alpha$  і  $\beta$  по обох схематизаціях русел виявилися рівними 0,32 і 0,34, відповідно.

Далі, з метою обґрунтування коефіцієнту  $a$  у формулі (4.4), використані залежності  $V_{сер} = f(Q)$ , по яких були визначені критичні витрати води ( $Q_{кр}$ ) і швидкість течії ( $V_{кр}$ ). Приклад такої залежності показаний на рис.4.5.

Знаючи  $V_{кр}$ , а також  $\alpha$  і  $\beta$  із формули (4.4) для кожного поста встановлені величини швидкісних коефіцієнтів  $a$ , які також як і гідравлічні показники, вдалося осереднити для всій території на рівні 0,25. Тоді розрахункова формула  $V_d$  набуває вигляду:

$$V_d = 0,25F^{0,32}I_{сер.зв}^{0,34} \quad (4.9)$$

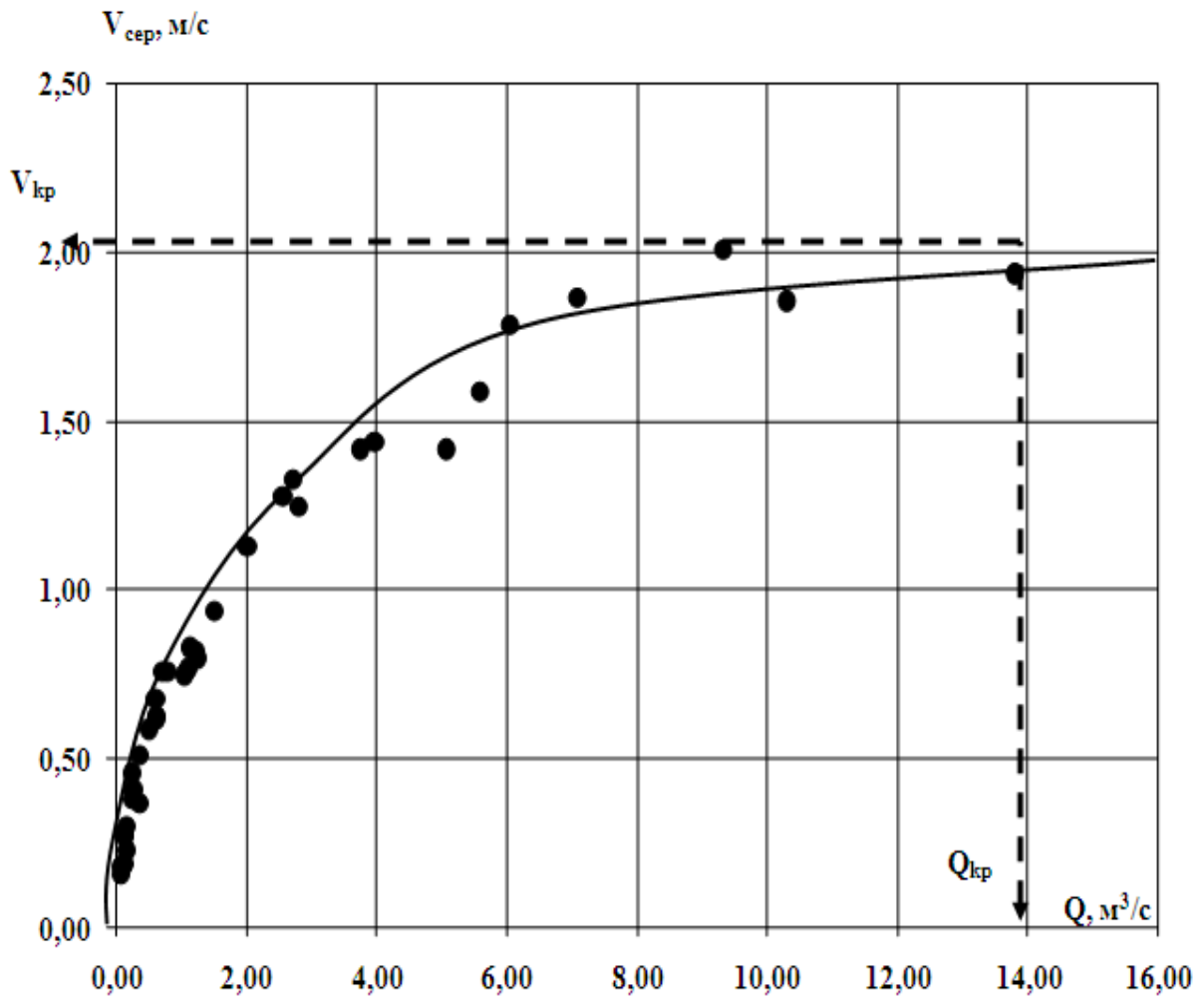


Рис. 4.5. Залежність середньої швидкості течії  $V_{сер}$  від витрати води для р.Альма – Кримдержзаповідник

Величина  $Q_{кр}$ , що входить в рівняння (4.9), визначається формою і розмірами поперечного перерізу русел, які в свою чергу залежать від розмірів водозборів. Тому з метою перетворення початкової формули для річок досліджуваної території отримана залежність  $Q_{кр} = f(F)$ , яка представлена на рис.4.6.



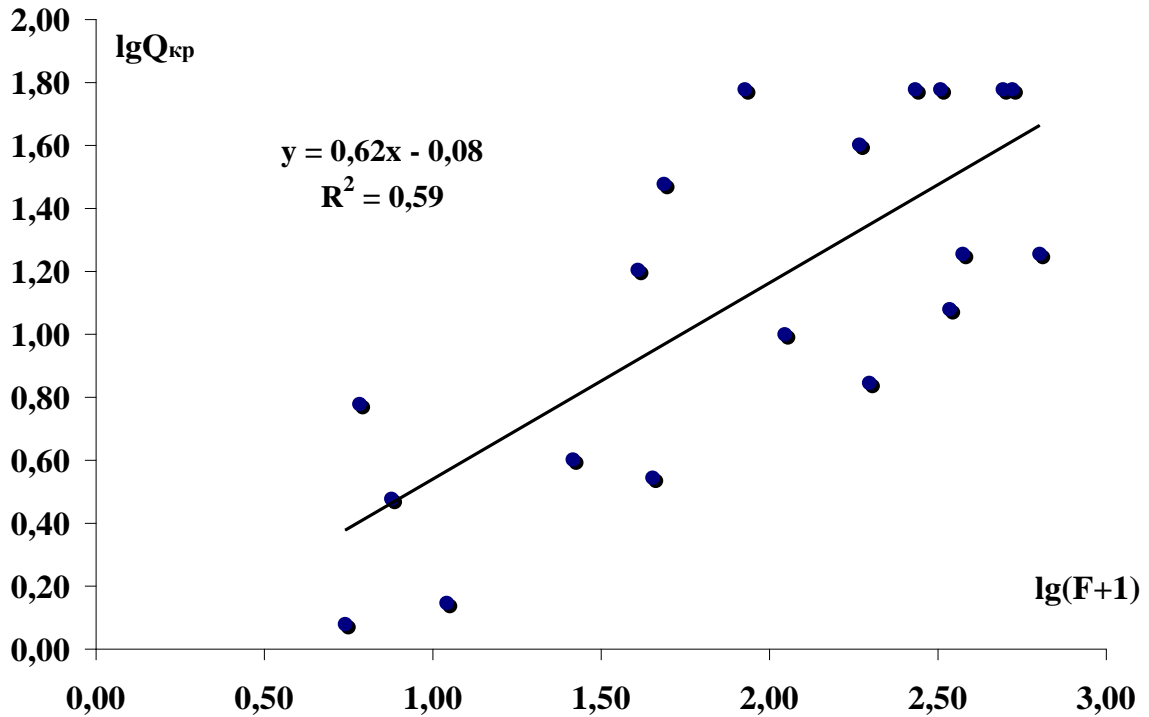


Рис.4.6. Залежність критичних витрат води паводків від площі водозборів для річок Гірського Криму

У результаті розрахункова формула швидкості руслового добігання для річок Гірського Криму набуває вигляду [113]:

$$V_{\partial} = 0,23F^{0,18}I_{\text{сер.зв.}}^{0,34}, \text{ м/с.} \quad (4.10)$$

Слід звернути увагу на те, що в [109] розрахункова формула швидкості добігання для річок Криму має вигляд:

$$V_{\partial} = 0,32F^{0,13}I_{\text{сер.зв.}}^{0,33}, \text{ м/с.} \quad (4.11)$$

З метою порівняння, авторами виконано розрахунок швидкості добігання по даних 54 гідрологічних постів на річках Криму за формулами (4.10) та (4.11) (додаток Ж.1). Як добре ілюструє рис.4.7, значення отримані

за обома формулами добре узгоджуються між собою, але значення  $V_0$  розраховані за (4.11) на 9% вищі за (4.10).

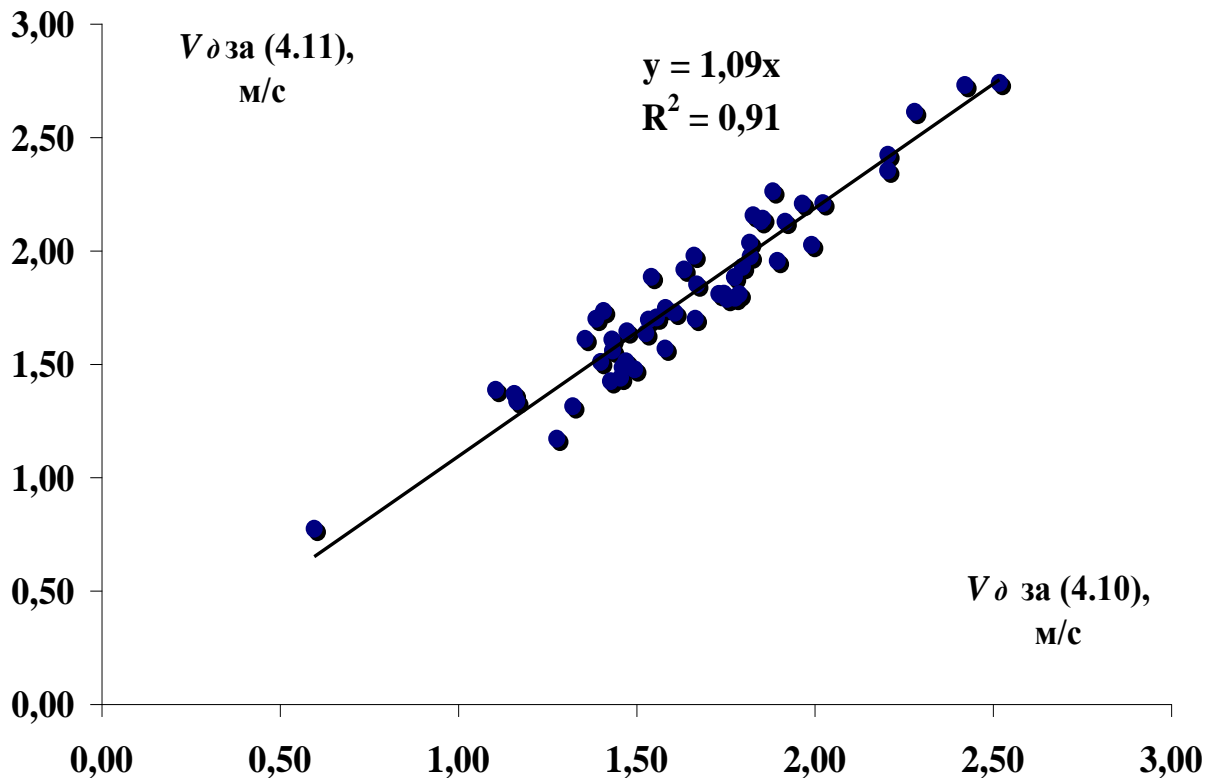


Рис. 4.7 Порівняння швидкостей руслового добігання, отриманих за різними редакціями розрахункової формули для річок Гірського Криму

Такі розбіжності, з одного боку, знаходяться на рівні точності вимірювання швидкостей течії, а з іншого - пояснюються тим, що у формулі (4.11), на відмінно від формули (4.10), враховується лише схематизація по А.М. Бефані за глибиною потоку.

Таким чином, для обґрунтування параметрів формули швидкості руслового добігання річок Гірського Криму використаний *комбінований метод*, який враховує схематизацію поперечного перерізу русел і дані вимірювань швидкостей течій в окремих створах.

Обґрунтована формула (4.10) може бути використана для визначення швидкості добігання невивчених річок даної території, при необхідному мінімумі вихідних даних - площі водозборів і середньозважених ухилах

річок. Уточнена регіональна розрахункова формула для визначення швидкості руслового добігання надалі може бути використана при розрахунках максимального стоку річок Гірського Криму [113].

Зокрема, при розрахунках зазвичай використовується не сама швидкість руслового добігання, а його тривалість, яка представляє собою відношення гідрографічної довжини водотоку до швидкості добігання, тобто

$$t_p = \frac{L}{V_\partial}, \quad (4.12)$$

де  $L$  – гідрографічна довжина водотоку, км;

$V_\partial$  – швидкість руслового добігання, км/год.

Таким чином, регіональна розрахункова формула для визначення тривалості руслового добігання паводків на річках Гірського Криму має вигляд:

$$t_p = \frac{L}{0,23F^{0,18} I_{сер.зв}^{0,34}}, \quad (4.13)$$

Розрахункові значення тривалості руслового добігання для річок досліджуваної території представлені в додатку Ж.2.

## 4.2 Визначення характеристик схилового припливу під час формування паводків на річках досліджуваної території

### 4.2.1 Часова нерівномірність схилового припливу

За своєю сутністю, часова нерівномірність схилового припливу визначається відношенням максимальної витрати води  $Q'_m$  до її середньої

величини за період водопілля або паводку  $\overline{Q}_m$ , тобто

$$\frac{n+1}{n} = \frac{Q'_m}{Q'_{T_0}}, \quad (4.14)$$

де  $(n+1)/n$  – коефіцієнт часової нерівномірності схилового стоку [63;64;66;68;69].

В сучасній практиці найбільш ефективним методом визначення коефіцієнтів нерівномірності  $(n+1)/n$ , за відсутності воднобалансових станцій, запропоновано в [114-116]. Він полягає в визначенні  $n$  через елементи руслових гідрографів, зокрема, через коефіцієнти часової нерівномірності руслового стоку  $(m+1)/m$ , що дорівнюють

$$\frac{m+1}{m} = \frac{Q_m}{Q_{T_n}} = \frac{q_m T_n}{Y_m}, \quad (4.15)$$

де  $q_m$  – максимальний модуль руслового стоку;

$T_n$  – тривалість руслового стоку;

$\overline{Q}_{T_n}$  – середня за паводок витрата води.

Узагальнення  $(m+1)/m$  по території може бути відображено за допомогою площ водозборів  $F$ . Причому, верхнє граничне значення  $(m+1)/m$  при  $F \rightarrow 0$  являє собою шуканий параметр нерівномірності схилових гідрографів  $(n+1)/n$  [115].

Але існують деякі труднощі у визначенні параметра  $(n+1)/n$ . Вони пов'язані з недосконалістю засобів розчленування гідрографів, унаслідок чого тривалість паводків  $T_n$  може бути як завищеною, так і заниженою. Це відбивається на числових значеннях  $(m+1)/m$  і тісноті регіональних залежностей  $(m+1)/m = f(F)$ .

Тому у роботах [115;116] рекомендується обчислювати шуканий параметр з використанням середніх величин  $\bar{Y}_m, \bar{T}_n, \bar{Q}_m$ , тобто

$$\frac{m+1}{m} = \frac{\bar{T}_n \bar{Q}_m}{\bar{Y}_m F} 86,4. \quad (4.16)$$

Для річок Гірського Криму коефіцієнти часової нерівномірності  $(m+1)/m$  встановлювались за даними 53 водозборів (додаток 3), а потім узагальнювались в залежності від їх площ водозборів (рис. 4.7). Залежність виражена достатньо добре і може бути проєкстропольована на вісь ординат з метою визначення  $(n+1)/n$ . Отже, для річок Гірського Криму рекомендується використовувати  $(n+1)/n$  на рівні 16, звідки  $n=0,07$  [117].

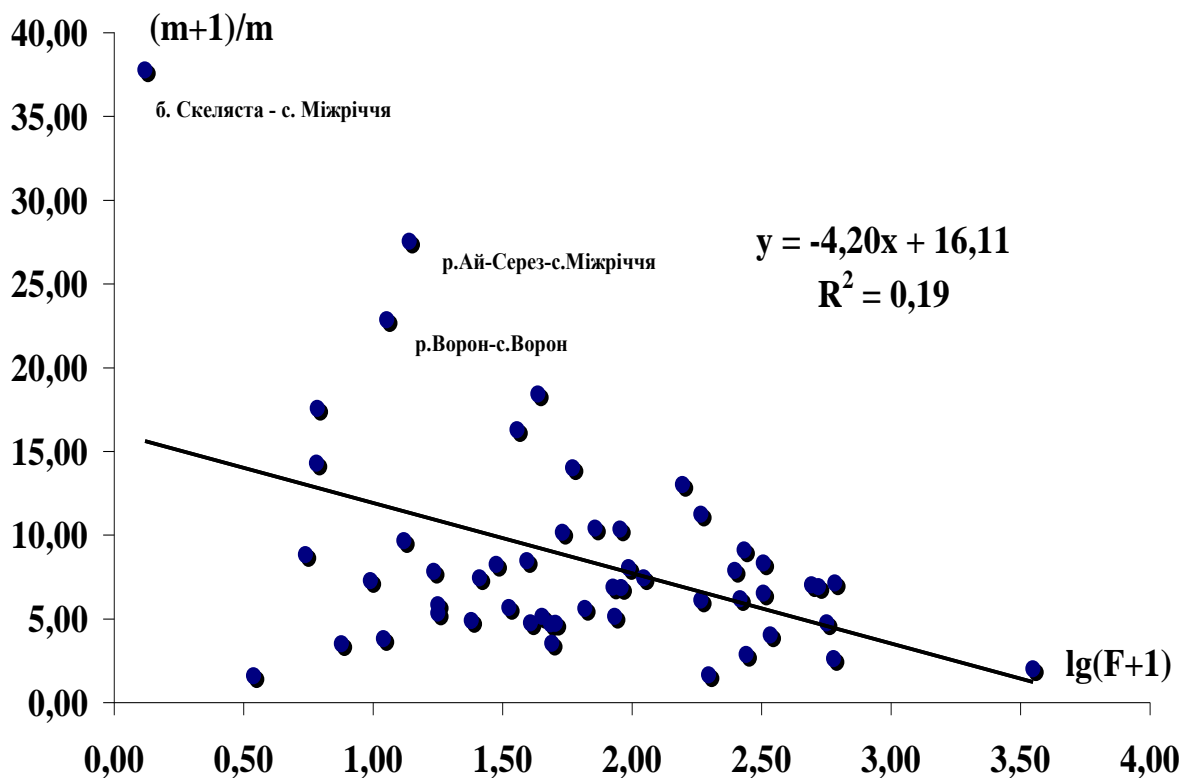


Рис. 4.7 Залежність для річок Гірського Криму коефіцієнтів часової нерівномірності руслового стоку від площі водозборів

#### 4.2.2 Визначення тривалості схилового припливу на території Гірського Криму

Найбільші труднощі при побудові формул максимального стоку зазвичай пов'язані з визначенням тривалості схилового припливу. Його фізичний зміст визначений досить чітко, оскільки тривалість схилового припливу є основою схилових гідрографів. Проте, через рідку мережу воднобалансових станцій і високу мінливість  $T_0$  по території скористатися досить простим прийомом не вдається. Отримати цю величину можна зворотнім шляхом з базової формули максимального стоку. Базуючись на генетичній формулі А.М. Бефані [76;118], та враховуючи операторну модель Гопченка Є.Д. розрахункові рівняння для визначення  $T_0$  можна записати у такому вигляді [66;119]:

- при  $t_p < T_0$

$$\frac{nq_m}{Y_m \varepsilon_F} T_0^{n+1} - (n+1)T_0^n + \frac{m_1+1}{n+m_1} t_p^n = 0; \quad (4.17)$$

- при  $t_p \geq T_0$

$$\frac{1}{m_1+1} T_0^{m_1} + \frac{m_1(n+m_1+1)}{(n+1)(m_1+1)} \left[ \frac{q_m}{Y_m \varepsilon_F} t_p - \frac{n+m_1+1}{n+1} \right] t_p^{m_1} = 0, \quad (4.18)$$

де  $m_1$  – показник степені в рівнянні кривих ізохрон.

Враховуючи те що у формулах (4.17-4.18), крім  $T_0$ , невідомими є ще й коефіцієнти русло-заплавного регулювання  $\varepsilon_F$ , наведені рівняння мають дві невідомі величини ( $T_0$ ,  $\varepsilon_F$ ). Подолання цих труднощів досягається за допомогою чисельних методів. На жаль, через відсутність спостережень за

стоком річок на малих водозборах, регіональне значення першого етапу наближення  $T_0'$ , яке визначається екстраполяцією  $T_0' = f \lg(F + 1)$  на вісь ординат при  $F = 0$ , є досить суб'єктивним прийомом. Професором Гопченком Є. Д. запропоновано комплексний метод уточнення цієї величини [119;120]. Виходячи з редукційної формули для розрахунку максимального стоку, можна записати

$$q_m = \frac{q'_m}{(F + 1)^{n_1}} = \frac{k_0 Y_m}{(F + 1)^{n_1}}, \quad (4.19)$$

де  $k_0$  - коефіцієнт схилової трансформації паводкового стоку, рівний

$$k_0 = [(n + 1) / n] / T_0. \quad (4.20)$$

У свою чергу, цей параметр можна встановити, якщо побудувати залежність  $\lg q_m / Y_m = f \lg(F + 1)$  і проєкстраполювати її лінійно на вісь ординат. Регіональне значення  $T_0'$ , спираючись на (4.20), дорівнює

$$T_0' = [(n + 1) / n] / k_0. \quad (4.21)$$

З іншого боку, тривалість схилового припливу  $T_0$  визначається чисельним методом, для чого на кафедрі гідрології суші ОДЕКУ розроблена комп'ютерна програма «Сагуар». На першому етапі розрахунків визначається регіональне значення  $T_0'$ . С цією метою побудована залежність тривалості схилового припливу від площ водозборів річок Гірського Криму, яка показана на рис.4.8. В результаті екстраполяції залежності на вісь ординат, отримано значення  $T_0' = 50$  годин.

Для уточнення отриманих результатів використано комплексний метод. Відповідно до нього коефіцієнт схилової трансформації паводкового стоку

отримується на підставі редукції схилової трансформації паводкового стоку (рис.4.9).

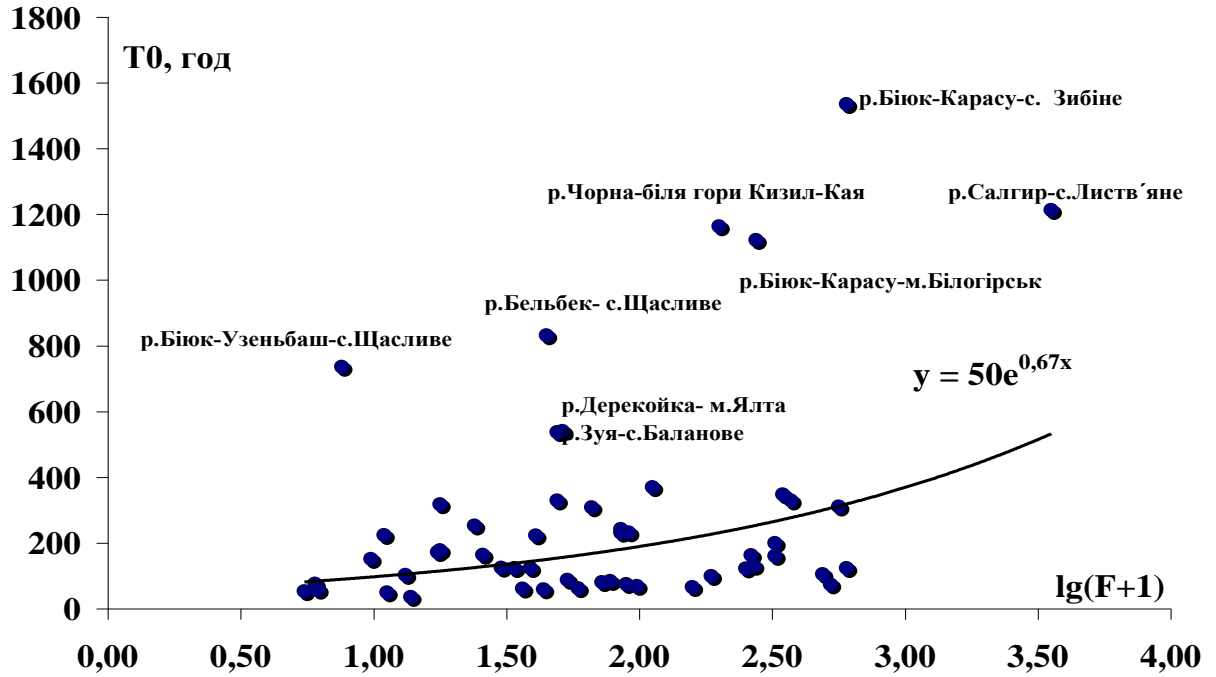


Рис.4.8 Залежність тривалості схилового припливу від площ водозборів річок Гірського Криму

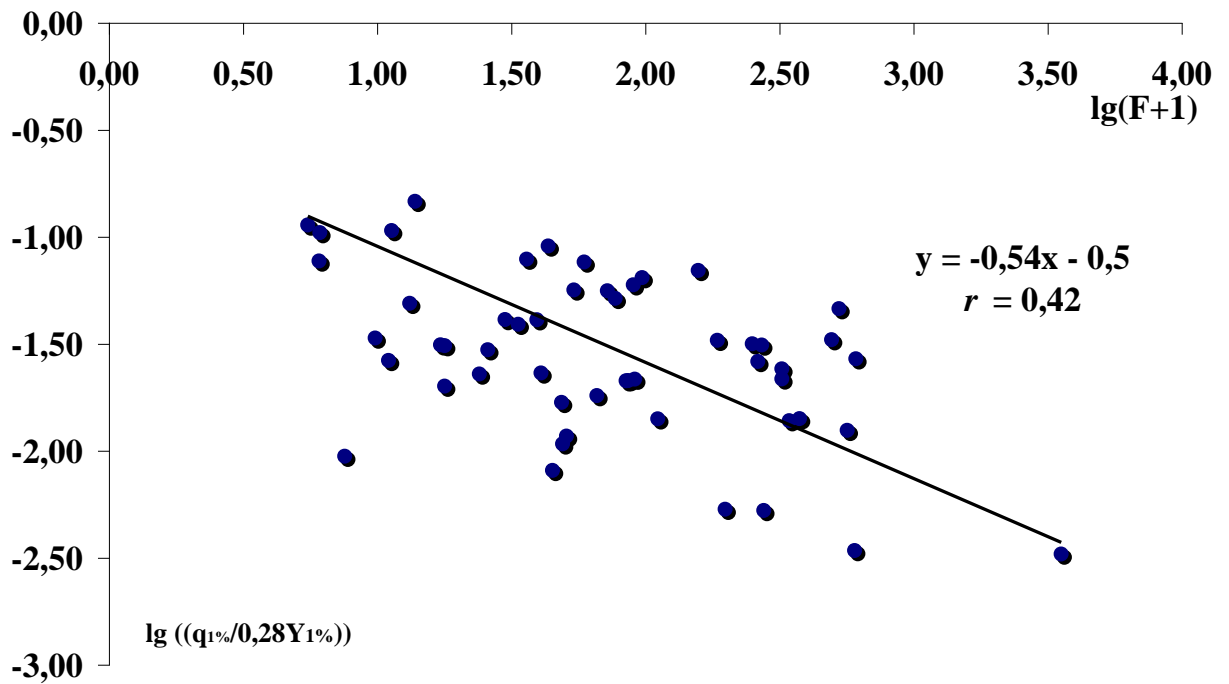


Рис.4.9 Редукція схилової трансформації паводкового стоку на річках Гірського Криму



Згідно рівняння (4.21)  $T'_0 = 16 / 0,32 = 50$  годин. Порівняння величин тривалості схилового припливу, отриманих різними методами представлено на рис.4.10 (додаток К). Залежність виражена досить добре, з високим коефіцієнтом кореляції ( $r=0,89$ ), що є підтвердженням правильності отриманих результатів.

Для виявлення просторових особливостей зміни тривалості схилового припливу  $T_0$  спочатку були досліджені закономірності, пов'язані з можливим впливом географічної складової та висотного положення водозборів. Для цього побудовані залежності тривалості схилового припливу від широти геометричних центрів водозборів та середньої висоти водозборів.

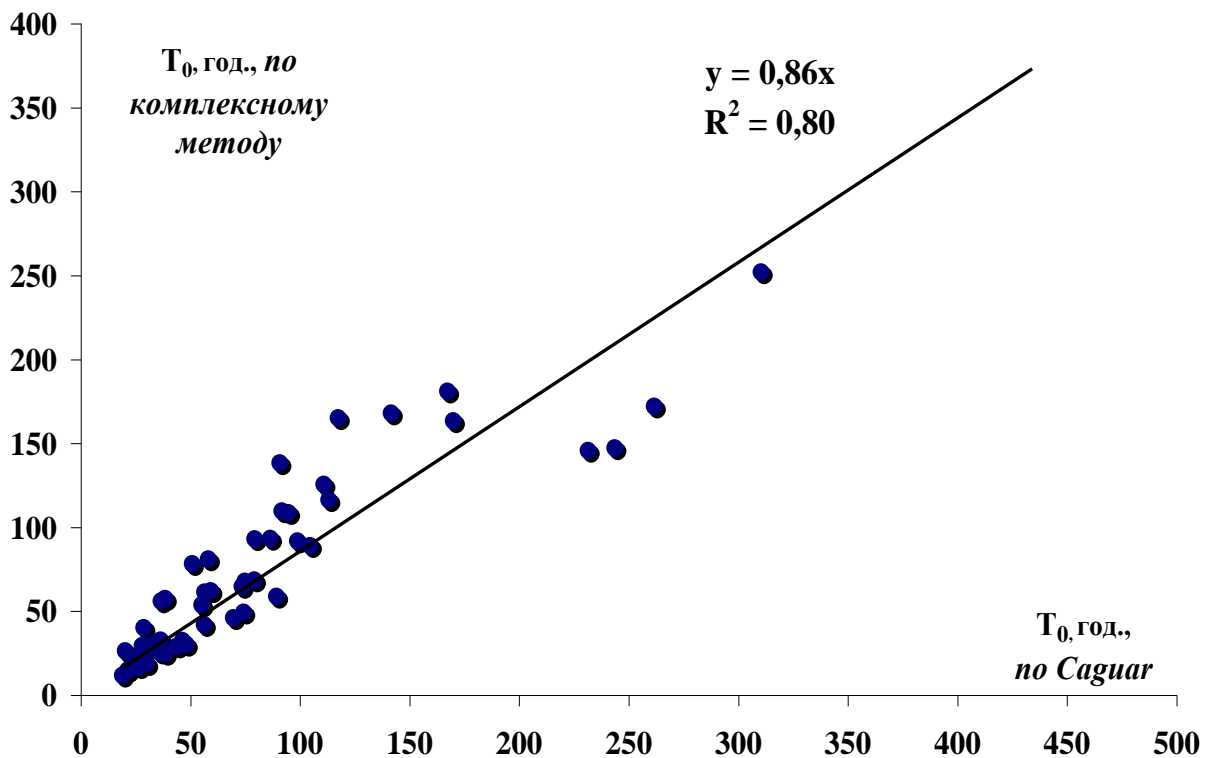


Рис.4.10 Порівняння тривалості схилового припливу за двома методами

Як видно з рис.4.11, на описуваній території тривалість припливу води зі схилів до руслової мережі в цілому зменшується з географічною широтою. Коефіцієнт кореляції для даної залежності є значущим ( $r = 0,24$ ).

Залежність  $T_0$  від висотного положення водозборів  $H_{сер}$  представлена на рис.4.12.

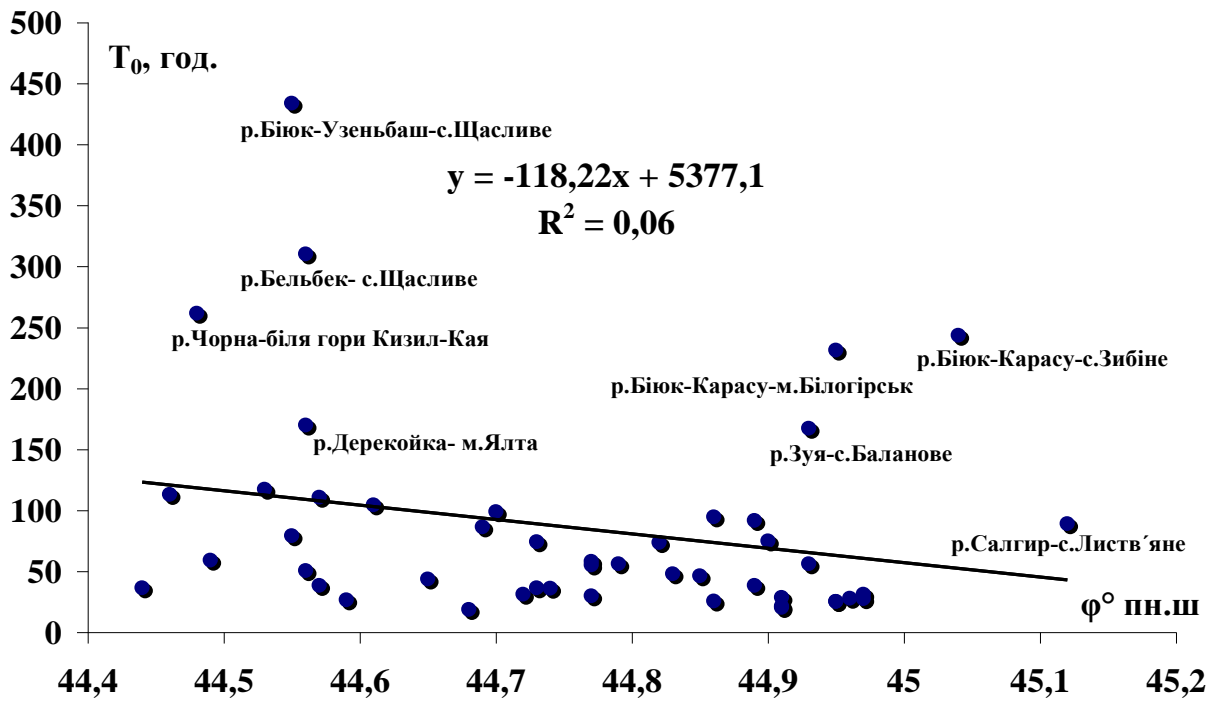


Рис.4.11 Залежність тривалості схилового припливу від широти геометричних центрів водозборів річок Гірського Криму

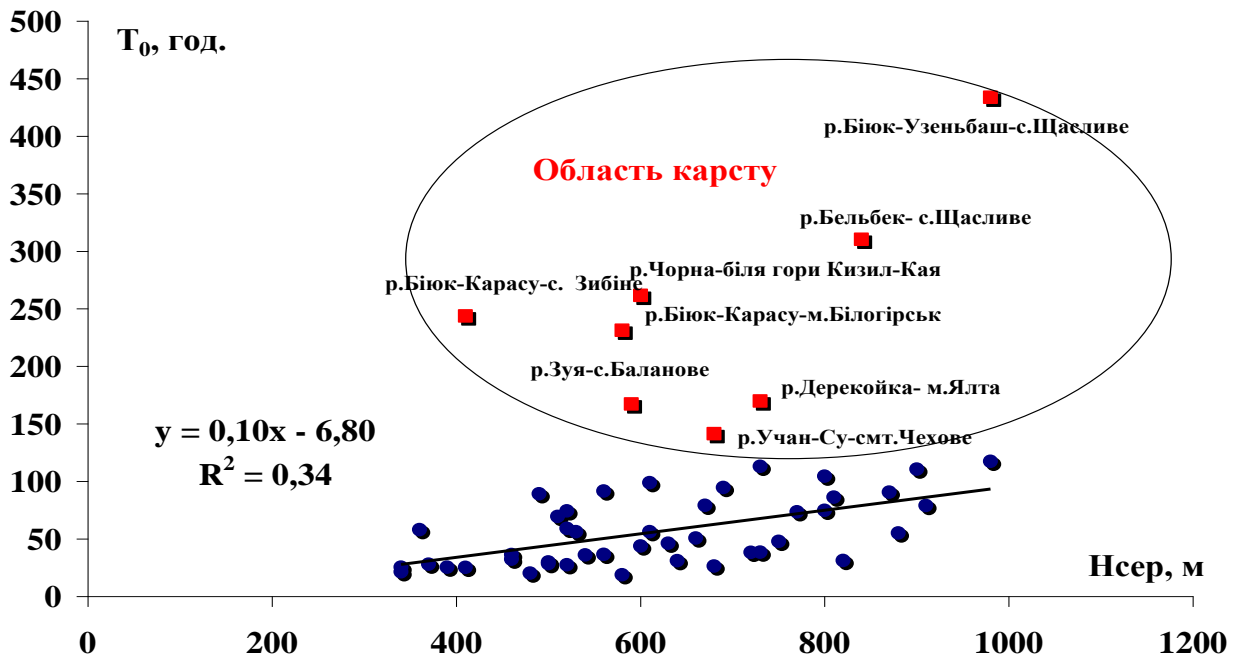


Рис.4.12 Залежність тривалості схилового припливу  $T_0$  від середньої висоти водозборів  $H_{сер}$  Гірського Криму

Отримана залежність ілюструє чітке збільшення тривалості схилового припливу зі збільшенням середньої висоти водозборів, але також, як й у випадку з шарами стоку, виділяється карстовий район. Карстовий район, згідно [14] знаходиться в Кримсько-Кавказькій карстовій країні. Водозбори річок входять до п'яти карстових районів: Байдарсько-Балаклавського, Західно-Південнобережного, Качинсько-Курцовського, Салгирсько-Індолського, Білогірського.

За дослідженнями В.А. Овчарук [121;122], вплив карсту на тривалість схилового припливу в різних фізико-географічних умовах під час весняних водопіль, проявляється у збільшення цієї величини приблизно в 2 рази. Для території Гірського Криму область карсту, що позначена на рис. 4.12, підтверджує факт збільшення тривалості схилового припливу  $T_0$  під впливом карсту.

З метою дослідження можливого впливу на тривалість схилового припливу  $T_0$  інших чинників (для даної території – залісенності  $f_{л}$ ) побудована відповідна залежність (рис.4.13).

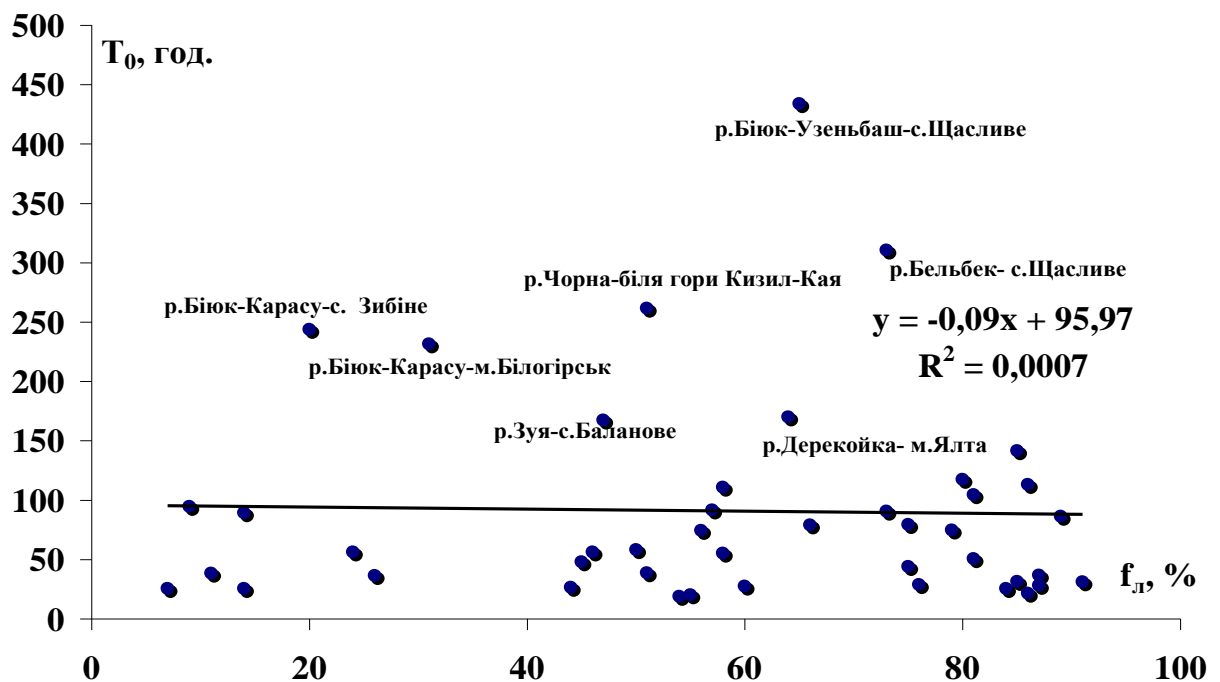


Рис.4.13 Залежність тривалості схилового припливу  $T_0$  від залісенності водозборів

Залежність дозволяє пересвідчитися у тому, що залісеність значущого впливу на тривалість схилового припливу не має.

Отже, дослідження впливу різних факторів на тривалість схилового припливу  $T_0$  показало, що основними чинниками у межах розглядуваної території є середня висота водозборів та карст.

#### Висновки до розділу 4

1. В дисертаційному дослідженні пропонується варіант розрахунку швидкості руслового добігання, за схематизаціями- А.М.Бефані (за глибиною потоків) та Р.А. Нежиховського (за шириною потоків).

2. Для річок Гірського Криму коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу  $(n + 1)/n=16$ , а степеневий показник у рівнянні схилового припливу  $n=0,07$ .

3. Для визначення тривалості схилового припливу води у руслову мережу для річок Гірського Криму використовувались комп'ютерна програма «Сагаг» і комплексний метод, запропонований проф. Гопченком Є.Д., результати по обох методах показали добру збіжність.

4. Дослідження впливу різних чинників на тривалість схилового припливу підчас паводків теплого періоду показало, що значущим є вплив висоти місцевості та карсту.

## РОЗДІЛ 5

НОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ  
ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ ТЕПЛОГО ПЕРІОДУ НА  
ТЕРИТОРІЇ ГІРСЬКОГО КРИМУ

Науково-методичні підходи щодо нормування характеристик максимального стоку паводків на території Гірського Криму обґрунтовані у розділі 2 на підставі аналізу сучасного стану в галузі розрахунків максимального стоку. Для досліджуваної території в якості базової пропонується редуційна структура у вигляді (2.107)

$$q_m = \frac{q'_m}{(F + 1)^{n_1}} \lambda_p, \quad (5.1)$$

де  $F$  - площа водозборів, км<sup>2</sup>,

$n_1$  - показник степені редукції,

$q'_m$  – максимальний модуль схилового припливу, м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>),

$\lambda_p$  - коефіцієнт забезпеченості.

5.1 Визначення максимальних модулів схилового припливу 1%-ої забезпеченості

Максимальний модуль схилового припливу  $q'_{1\%}$  є основним розрахунковим параметром структури (5.1). Визначити  $q'_{1\%}$  можна, використовуючи рівняння редуційного гідрографу

$$q'_t = q'_m \left[ 1 - \left( \frac{t}{T_0} \right)^n \right], \quad (5.2)$$

де  $n$  - показник степені.

Безпосередню можливість виразити модуль схилового припливу  $q'_m$  ( $\text{м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2$ ) через елементи схилових гідрографів дає інтегрування (5.2) по  $T_0$  та деякі математичні перетворення. В результаті максимальний модуль схилового припливу ймовірністю перевищення  $P=1\%$  можна представити у вигляді:

$$q'_{1\%} = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_{1\%}, \quad (5.3)$$

де  $\frac{n+1}{n}$  – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу;

$T_0$  – тривалість припливу води зі схилів під час паводків;

$Y_{1\%}$  – шар стоку за паводки 1-ої забезпеченості.

Обґрунтування методики стосовно визначення  $\frac{n+1}{n}$  по матеріалах спостережень за русловим стоком наведено у розділі 4. При цьому використано коефіцієнт часової нерівномірності руслового стоку  $\frac{m_1+1}{m_1}$ , який за умови  $F \rightarrow 0$  представляє собою  $\frac{n+1}{n}$ , тобто  $\left(\frac{m_1+1}{m_1}\right)_{F=0} = \frac{n+1}{n}$ .  
Для річок Гірського Криму  $\frac{n+1}{n}$  становить 16,0.

У третьому розділі виконана статистична обробка часових рядів шарів стоку методами моментів і найбільшої правдоподібності. За формулою (3.31) розраховані шари стоку 1-ої забезпеченості. Отримані результати представлені в додатку В.6.

У четвертому розділі наводяться методичні підходи для визначення тривалості схилового припливу за допомогою комплексного методу і з використанням програмного комплексу «Сагуар». Розрахункові величини  $T_0$  представлені у додатку К.1.

Таким чином, для визначення максимальних модулів схилового припливу 1%-ої забезпеченості наявні всі вихідні дані. Обчислені за (5.3) модулі схилового припливу  $q'_{1\%}$  наводяться у додатку Л.1.

Для річок північно-західного схилу Кримських гір модулі схилового припливу змінюються від  $3,26 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Бельбек-с.Щасливе) до  $19,09 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Чорна-с.Родниківське). На річках північно-східного схилу Кримських гір  $q'_{1\%}$  змінюються від  $0,48 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Салгир-с.Листв'яне) до  $11,22 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Ангара-с.Перевальне). Значення  $q'_{1\%}$  для річок Південного берегу Криму змінюються в досить широких межах, а саме: від  $2,69 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Авунда-с-мт.Гурзуф) до  $25,92 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Ворон-с.Ворон).

Оскільки для гірських територій добре виражені залежності метеорологічних [123] і стокових характеристик від середньої висоти водозборів [124], та як це показано для шарів стоку та тривалості схилового припливу у попередніх розділах, то першим етапом узагальнення  $q'_{1\%}$  за територією стала побудова залежності максимальних модулів схилового припливу від середньої висоти водозборів для річок Гірського Криму (рис.5.1). Не дивлячись на те, що складові схилового припливу ( $T_0$  та  $Y_{1\%}$ ) описуються статистично значущими залежностями від висоти, їх результуюча  $q'_{1\%}$  суттєво не змінюється з ростом висоти місцевості.

Надалі для узагальнення максимальних модулів схилового припливу  $q'_{1\%}$  стало дослідження впливу на цю величину широти місцевості (рис.5.2). В цілому спостерігається зменшення  $q'_{1\%}$  із збільшенням географічної широти центрів водозборів, що відповідає зональному розподілу опадів на даній території.

Залежність між максимальними модулями схилового припливу та широтою місцевості має значущий коефіцієнт кореляції ( $r=0,39$ ), що є підставою для картування максимальних модулів схилового припливу  $q'_{1\%}$  (рис.5.3).

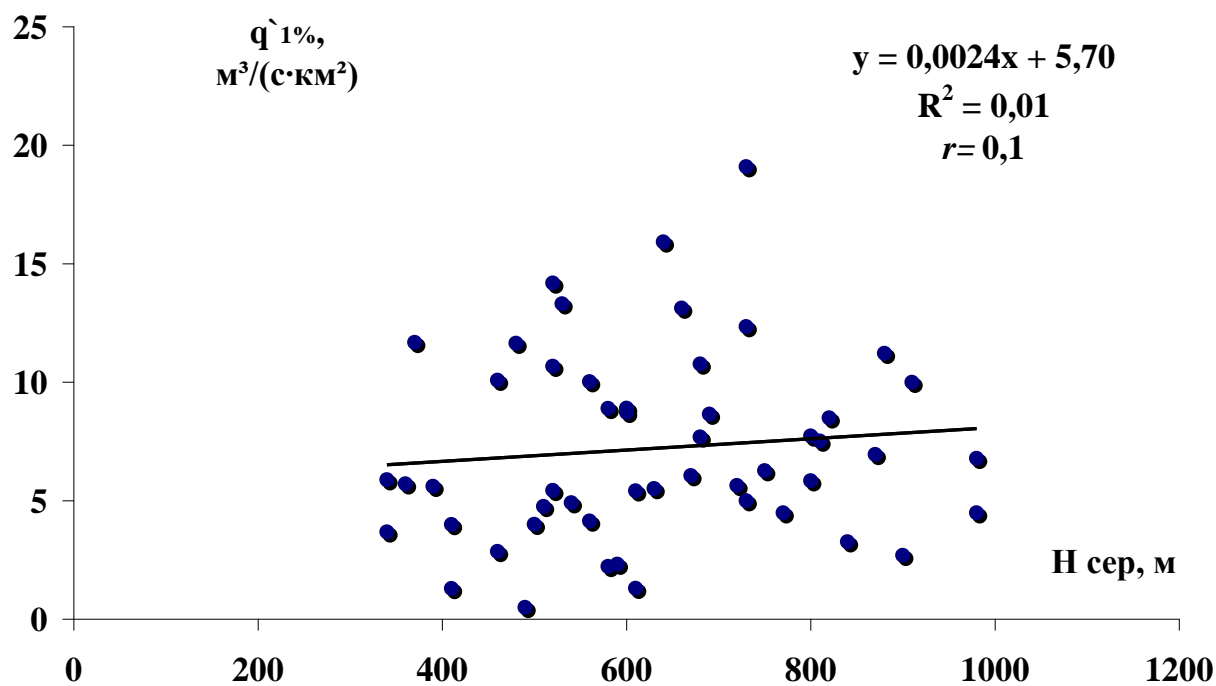


Рис. 5.1 Зміна максимальних модулів схилового припливу від середньої висоти водозборів річок Гірського Криму

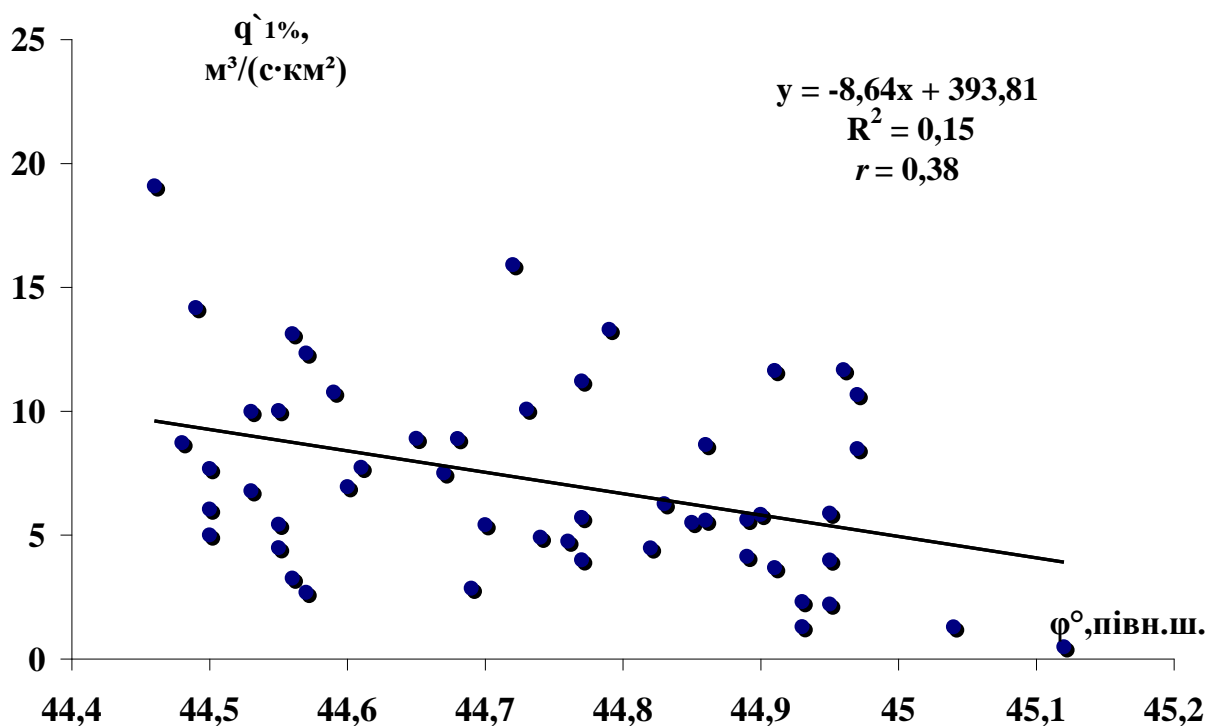


Рис. 5.2. Залежність максимальних модулів схилового припливу від широти географічних центрів водозборів річок Гірського Криму



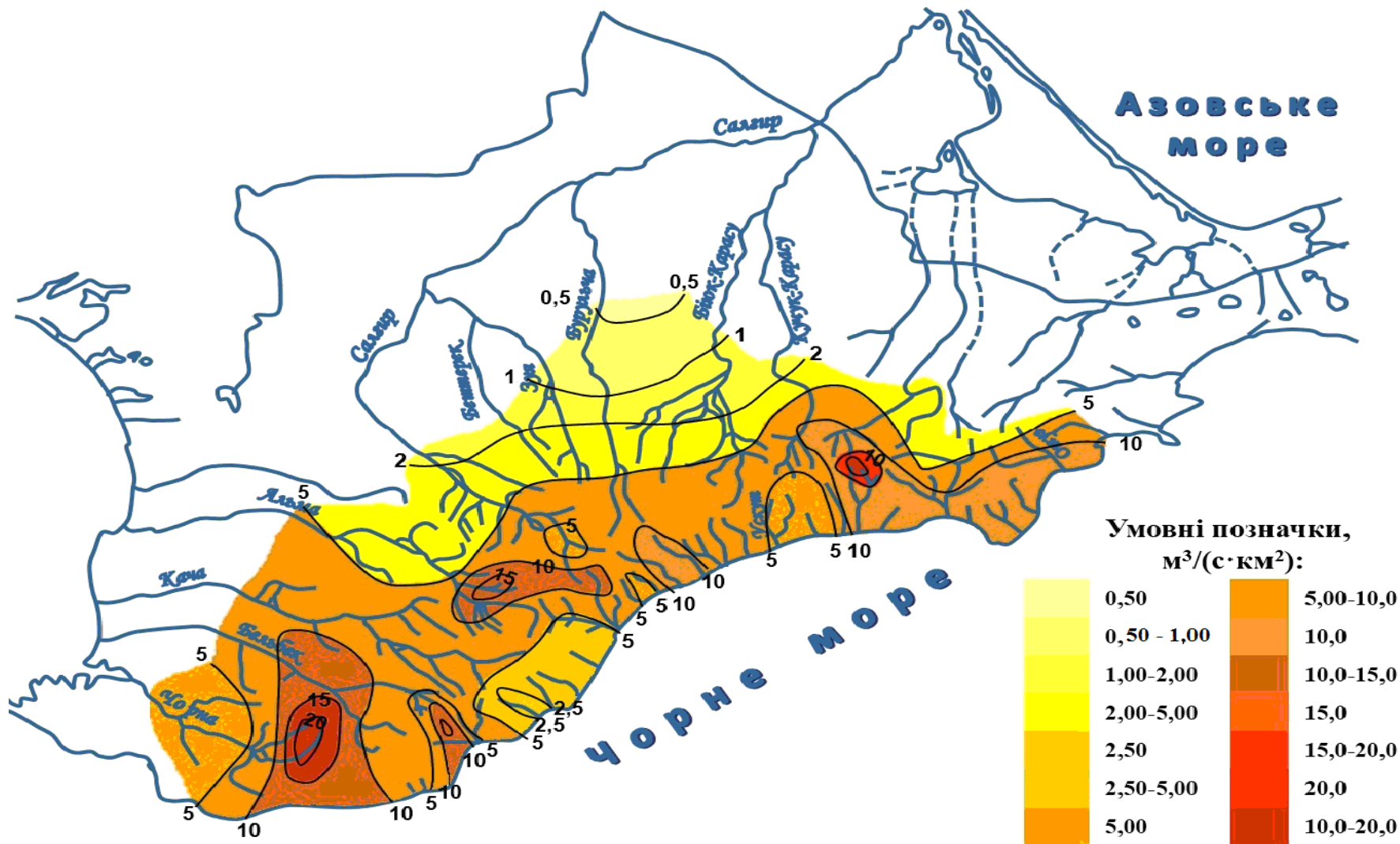


Рис.5.3. Розподіл максимальних модулів схилового припливу 1%-ої забезпеченості по території Гірського Криму, м³/(с·км²)

Аналізуючи карту можна відмітити, що розрахункові максимальні модулі схилового припливу в цілому збільшуються з північного сходу на південь від  $0,5 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  до  $10\text{-}15 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ . Локальні максимуми ( $20 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ) спостерігаються на річках Чорна та Ворон. В межах водозборів цих річок відбувається активне розвантаження карстових вод. З іншого боку, мінімальні значення максимальних модулів схилового припливу (від  $0,5 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  до  $2,5 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ) приурочені до зони живлення карсту.

На останньому етапі для встановлення показника степені редукції  $n_1$  побудовано в логарифмічних координатах залежність  $\lg q_m = f[\lg(F+1)]$ . Залежність представлена на рис.5.4, вона добре виражена та має значущий коефіцієнт кореляції ( $r = 0,77$ ). Кутовий коефіцієнт рівняння, що описує отриману залежність, представляє собою шуканий параметр  $n_1$ , який дорівнює 0,53.

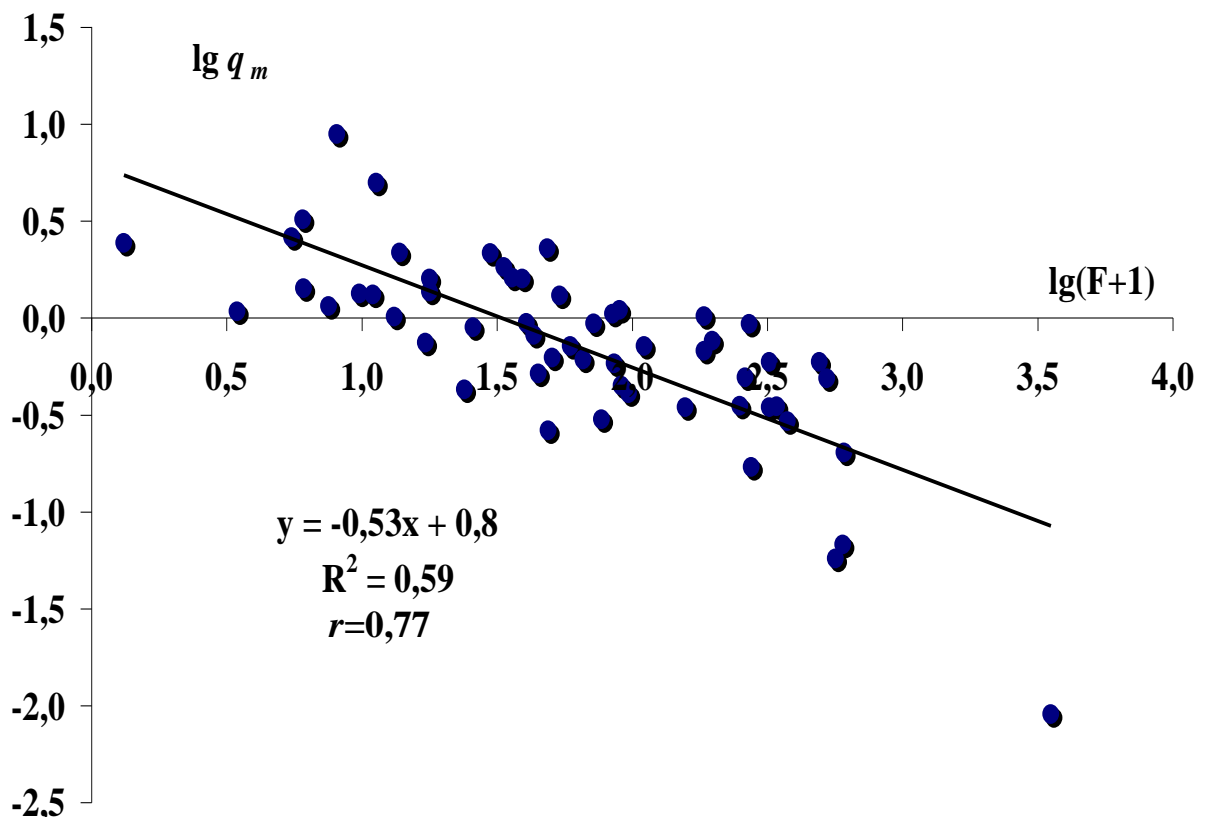


Рис.5.4. Залежність максимальних модулів стоку дощових паводків теплового періоду від площ водозборів річок Гірського Криму

Отримані характеристики є основними при обґрунтуванні регіональної методики для визначення максимального стоку дощових паводків теплового періоду для річок Гірського Криму.

5.2. Про можливості врахування впливу підстильної поверхні при визначенні максимальних модулів схилового припливу

В попередніх розділах дисертаційного дослідження було не одноразово показано, що на досліджуваній території суттєвий вплив на формування стоку має підстильна поверхня водозборів, а саме - карст. Тим не менш при остаточних розрахунках цей фактор окремо не був виділений, також як й висота місцевості, яка на інтегральний параметр  $q'_{1\%}$  практично не впливає.

З метою врахування впливу підстильної поверхні та висоти місцевості на складові схилового припливу (шар стоку та тривалість схилового припливу) спочатку виконаний розрахунок цих характеристик за рівняннями, які описуються впливом висоти місцевості. Розрахункові рівняння мають такий вигляд:

$$Y_{1\%} = 95,5 + 0,19(H_{сер} - 600) \quad (5.4)$$

та

$$T_0 = 53,2 + 0,10(H_{сер} - 600). \quad (5.5)$$

де  $H_{сер}$  - середня висота водозборів.

Використовуючи рівняння (5.4) та (5.5), визначені максимальні модулі схилового припливу. Як було показано на рис.3.12 та 4.12, розрахункові

рівняння отримані без врахування впливу карсту, отже відхилення в розрахункових величинах можна віднести до впливу саме цієї характеристики.

Далі, враховуючи попередній аналіз стокоформуєчих факторів на досліджуваній території, отримано інтегральний коефіцієнт впливу підстильної поверхні, як відношення розрахункових та фактичних модулів схилового припливу:

$$k_n = q'_{1\%H_{сер}} / q'_{1\%}, \quad (5.6)$$

де  $q'_{1\%H_{сер}}$  - максимальний модуль схилового припливу, розрахований з урахуванням впливу висоти місцевості.

Отримані величини змінюються від 0,06 (р.Салгир-с.Листв'яне) до 3,20 (р.Ворон-с.Ворон) та, на нашу думку, відображують інтегральний вплив карсту та особливостей підстильної поверхні, яка може бути пов'язана з водогосподарською діяльністю на водозборах (додатку Л.2). Отже, коефіцієнти, які наближуються до 1,0, свідчать про відсутність впливу підстильної поверхні на досліджувану величину  $q'_{1\%}$ .

Для невивчених у гідрологічному відношенні річок  $k_n$  представлений у вигляді карти (рис.5.5).

Аналізуючи карту-схему розподілу  $k_n$ , можна відмітити, що коефіцієнти впливу підстильної поверхні, як і максимальні модулі схилового припливу в цілому збільшуються з північного сходу на південь від 0,06 до 1,0. Максимуми ( $k_n=2,4$  та  $k_n=3,2$ ) спостерігаються на річках Чорна та Ворон відповідно. В межах водозборів цих річок знаходиться зона розвантаження карсту. Мінімальне значення  $k_n=0,06$  відповідає річці Салгир, в межах якої може знаходитися зона живлення карсту та спостерігається активна водогосподарська діяльність (забір води на зрошення).

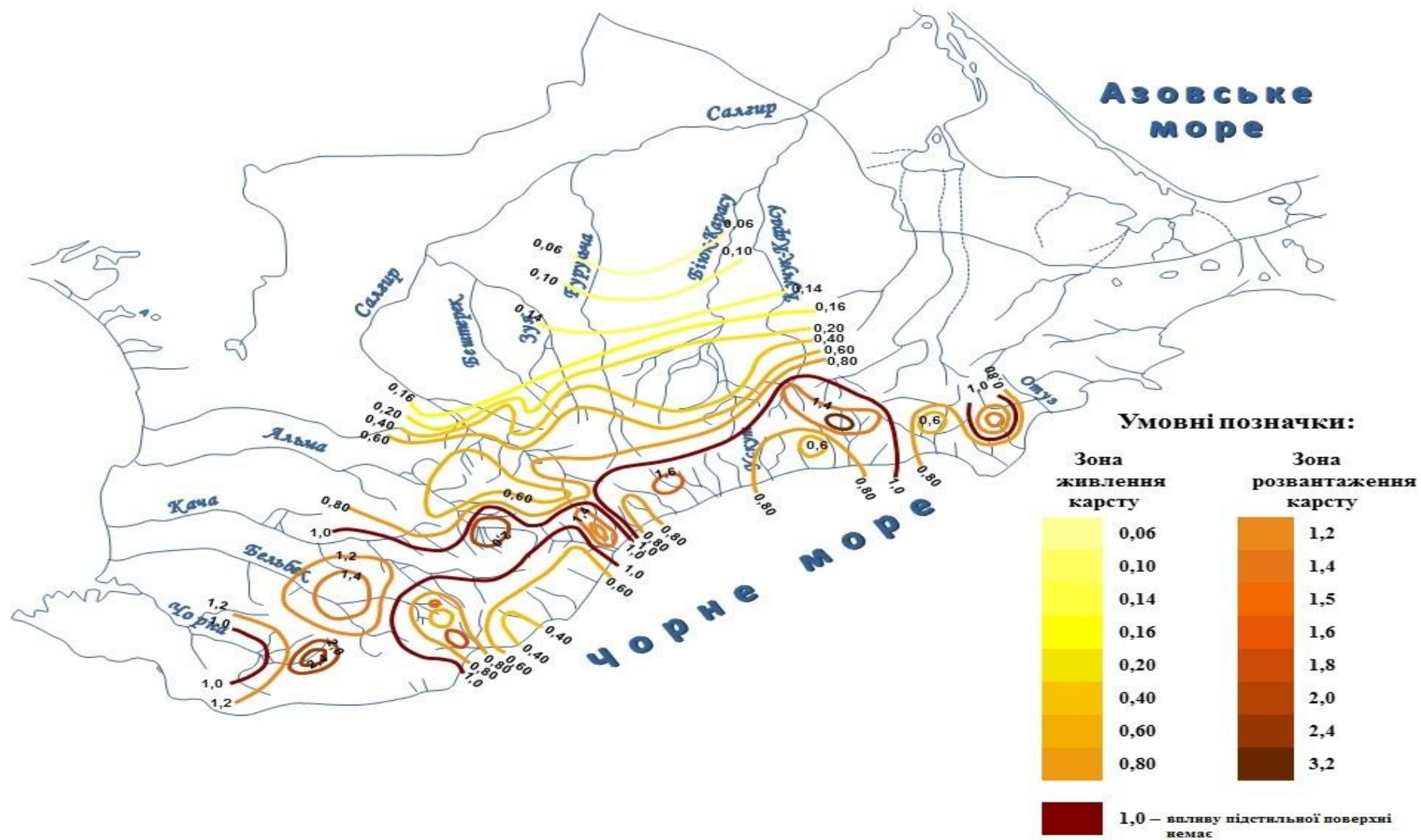


Рис.5.5 Карта-схема розподілу коефіцієнту впливу підстильної поверхні на максимальний стік паводків теплового періоду на річках Гірського Криму.

Таким чином, запропонований варіант розрахунку, який дозволяє окремо враховувати вплив висоти місцевості на складові схилового припливу та інтегрально вплив підстильної поверхні безпосередньо на максимальний модуль схилового припливу під час паводків теплого періоду на річках Гірського Криму. Розрахункова формула в цьому випадку буде мати вигляд:

$$q_{1\%} = \frac{q'_{1\%} k_n}{(F + 1)^{0,53}} \lambda_p, \quad (5.7)$$

де

$$q'_{1\%} = 0,28 \frac{n + 1}{n} \cdot \left( \frac{Y_{1\% H_{сер}}}{T_{0 H_{сер}}} \right) \quad (5.8)$$

де  $Y_{1\% H_{сер}}$  – шар стоку за паводок 1-ої забезпеченості з урахуванням середньої висоти водозборів;

$T_{0 H_{сер}}$  – тривалість припливу води зі схилів під час паводків з урахуванням середньої висоти водозборів.

### 5.3 Перевірні розрахунки

Розрахункова формула для визначення максимального стоку паводків теплого періоду для річок Гірського Криму має вигляд:

$$q_m = \frac{q'_m}{(F + 1)^{0,53}} \lambda_p, \quad (5.9)$$

де  $q'_m$  - максимальний модуль схилового припливу, який знімається з карти (рис.5.3);

$\lambda_p$  - коефіцієнт забезпеченості, який визначається за табл.3.1.

Для проведення перевірних розрахунків необхідно мати такі вихідні дані: площі водозборів ( $F$ , км<sup>2</sup>), місцезнаходження досліджуваних водозборів та розрахункову забезпеченість  $P$ , %.

*Приклад розрахунку за методикою для р.Дерекойка-м.Ялта.*

Розпочинаючи реалізацію (5.9), запишемо необхідні вихідні дані:

- площа водозбору р. Дерекойка  $F=49,7$  км<sup>2</sup>;
- розрахункова забезпеченість  $P=1\%$ .

Послідовність розрахунку за формулою (5.9) така:

Для водозбору р.Дерекойка-м.Ялта, згідно рис.5.3, максимальний модуль схилового припливу дорівнює  $5,0$  м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>).

Після встановлення максимального модуля схилового припливу, що входить до (5.9), розрахунковий модуль паводкового стоку р.Дерекойка-м.Ялта буде дорівнювати

$$q_m = \frac{q'_m}{(F + 1)^{0,53}} = 5/8,01 = 0,62 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$$

Максимальна витрата води  $Q_{1\%} = q_m * F * \lambda_{1\%} = 0,62 * 49,7 * 1 = 30,8$  м<sup>3</sup>/с.

*Приклад розрахунку за методикою для р.Чорна-с.Родниківське (зона розвантаження карсту).* Як і в попередньому випадку, розпочинаючи реалізацію (5.9), запишемо необхідні вихідні дані:

- площа водозбору р.Чорна  $F=47,6$  км<sup>2</sup>;
- розрахункова забезпеченість  $P=1\%$ .

Послідовність розрахунку за формулою (5.7) така:

Для водозбору р.Чорна-с.Родниківське, згідно рис.5.3, максимальний модуль схилового припливу дорівнює  $20$  м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>), адже в межах водозбору відбувається активне розвантаження карстових вод.

Після встановлення максимального модуля схилового припливу, що входить до (5.9), розрахунковий модуль паводкового стоку р.Чорна-с.Родниківське буде дорівнювати :

$$q_m = \frac{q'_m}{(F + 1)^{0,53}} = 20/7,83 = 2,55 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$$

Максимальна витрата води  $Q_{1\%} = q_m * F * \lambda_{1\%} = 2,55 * 47,6 * 1 = 121,4 \text{ м}^3/\text{с}$ .

*Приклад розрахунку за методикою для р.Авунда-сmt.Гурзуф (зона живлення карсту).* Необхідні вихідні дані:

- площа водозбору р.Авунда  $F = 23 \text{ км}^2$ ;
- розрахункова забезпеченість  $P = 3\%$ .

Послідовність розрахунку за формулою (5.9) така:

Для водозбору р.Авунда-сmt.Гурзуф, згідно рис.5.3 максимальний модуль схилового припливу дорівнює  $2,5 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ , так як даний водозбір приурочений до зони живлення карсту.

Після встановлення максимального модуля схилового припливу, що входить до (5.9), розрахунковий модуль паводкового стоку р.Авунда-сmt.Гурзуф буде дорівнювати

$$q_m = \frac{q'_m}{(F + 1)^{0,53}} = 2,5/5,39 = 0,46 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$$

Максимальна витрата води  $Q_{1\%} = q_m * F * \lambda_{1\%} = 0,46 * 23 * 1 = 10,6 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Для визначення максимальної витрати води забезпеченістю 3% за табл.3.1 встановлюється  $\lambda_{3\%} = 0,67$ .

Максимальна витрата води  $Q_{3\%} = Q_{1\%} * \lambda_{3\%} = 10,6 * 0,67 = 7,10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

*Варіант розрахунку з урахуванням впливу підстильної поверхні.* Як і в першому випадку, для розрахунків необхідно мати такі вихідні дані: площу водозбору ( $F, \text{ км}^2$ ), місцезнаходження досліджуваного водозбору, розрахункову забезпеченість  $P, \%$  та середню висоту водозбору ( $H_{\text{сер}}, \text{ м}$ ).

Для р.Дерекойка-м.Ялта спершу необхідно визначити максимальний модуль схилового припливу за формулою (5.8)

$$q'_{1\%} = 0,28 \cdot 16 \cdot \left( \frac{95,5 + 0,19(730 - 600)}{53,2 + 0,10(730 - 600)} \right) = 8,12 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$$



Після встановлення максимального модуля схилового припливу та  $k_n$  за рис.5.5, що входять до (5.7), розрахунковий модуль паводкового стоку буде дорівнювати:

$$q_{1\%} = \frac{q'_{1\%} k_n}{(F + 1)^{0,53}} \lambda_p = ((8,12 * 0,60) / 8,01) * 1 = 0,61 \text{ м}^3 / (\text{с} \cdot \text{км}^2)$$

Максимальна витрата води  $Q_{1\%} = q_{1\%} * F = 0,61 * 49,7 = 30,3 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Для р.Чорна-с.Родниківське спершу необхідно визначити максимальний модуль схилового припливу за формулою (5.8)

$$q'_{1\%} = 0,28 \cdot 16 \cdot \left( \frac{95,5 + 0,19(730 - 600)}{53,2 + 0,10(730 - 600)} \right) = 8,12 \text{ м}^3 / (\text{с} \cdot \text{км}^2)$$

Після встановлення максимального модуля схилового припливу та  $k_n$  за рис.5.5, що входять до (5.7), розрахунковий модуль паводкового стоку буде дорівнювати:

$$q_{1\%} = \frac{q'_{1\%} k_n}{(F + 1)^{0,53}} \lambda_p = ((8,12 * 2,4) / 7,83) * 1 = 2,49 \text{ м}^3 / (\text{с} \cdot \text{км}^2)$$

Максимальна витрата води  $Q_{1\%} = q_{1\%} * F = 2,49 * 47,6 = 118,5 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

Для р.Авунда-сmt.Гурзуф спершу необхідно визначити максимальний модуль схилового припливу за формулою (5.8)

$$q'_{1\%} = 0,28 \cdot 16 \cdot \left( \frac{95,5 + 0,19(900 - 600)}{53,2 + 0,10(900 - 600)} \right) = 8,24 \text{ м}^3 / (\text{с} \cdot \text{км}^2)$$

Після встановлення максимального модуля схилового припливу та  $k_n$  за рис.5.5, що входять до (5.7), розрахунковий модуль паводкового стоку буде дорівнювати:

$$q_{1\%} = \frac{q'_{1\%} k_n}{(F + 1)^{0,53}} \lambda_p = ((8,24 * 0,4) / 5,39) * 1 = 0,61 \text{ м}^3 / (\text{с} \cdot \text{км}^2)$$

Максимальна витрата води  $Q_{1\%} = q_{1\%} * F = 0,61 * 23 = 14,03 \text{ м}^3 / \text{с}$ .

З метою порівняння отриманих результатів в табл.5.2 наведені максимальні витрати води 1-ої забезпеченості, розраховані по запропонованим методикам, аналогічні величини, які отримані за даними

статистичної обробки станом на 2010 р., а також з найбільші витрати за весь період спостережень.

Таблиця 5.2

Порівняння максимальних витрат води, отриманих різними методами для річок Гірського Криму

Річка-пост	$Q_{1\%}$ $\text{м}^3/\text{с}$	$Q_{1\%}, \text{м}^3/\text{с}$ , згідно статистичній обробці станом на 2010 р.	$Q_m, \text{м}^3/\text{с}$ , найбільша за весь період спостережень	$Q_{1\%}, \text{м}^3/\text{с}$ , по запропонованій методиці за формулою (5.7) з урахуванням коефіцієнта $k_n$	$Q_{1\%}, \text{м}^3/\text{с}$ , по запропонованій методиці за формулою (5.9)
р.Дерекойка-м.Ялта		31,04	28,1	30,3	30,8
р.Чорна-с.Родниківське		108,5	126	118,5	121,4
р.Авунда-снт.Гурзуф		9,82	11	14,03	10,6

Аналіз одержаних результатів показує, що у всіх випадках запропоновані методики мають добру збіжність як з вихідною інформацією, так й з найбільшими за період спостережень максимальними витратами води.

Надійність запропонованої методики можна оцінити за формулою:

$$\Delta q_{1\%} = \frac{|q_{1\%} - q_{1\%ф}|}{q_{1\%ф}} \cdot 100\%, \quad (5.10)$$

де  $q_{1\%}$  – значення, отримані в результаті перевірних розрахунків за методикою;  $q_{1\%ф}$  – фактичні значення, отримані за вихідними даними.

Точність розрахунку знаходиться на рівні 19,7% при точності вихідної інформації 21,6%. Порівняння фактичних та розрахункових модулів представлено на рис.5.6.

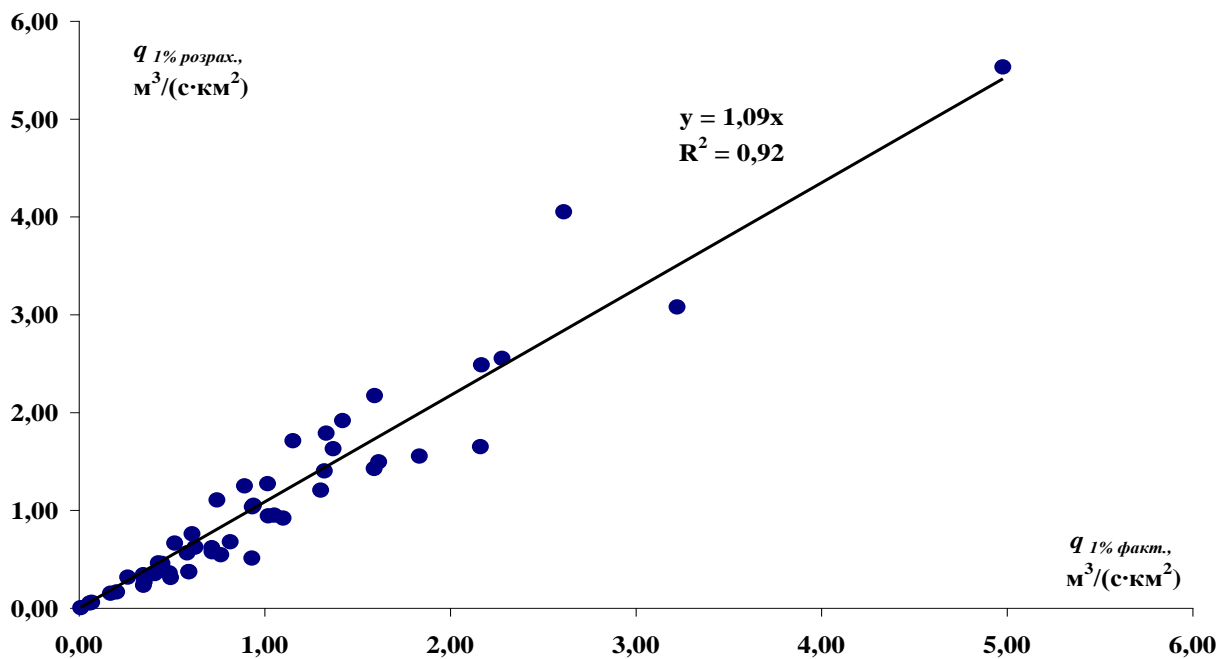


Рис.5.6 Порівняння розрахункових та фактичних 1%-их модулів стоку для річок Гірського Криму

На рис.5.7 представлено порівняння  $q_m$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$  (найбільші модулі стоку за весь період спостережень) з  $q_{1\%}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$  (розраховані модулі стоку по запропонованій методиці).

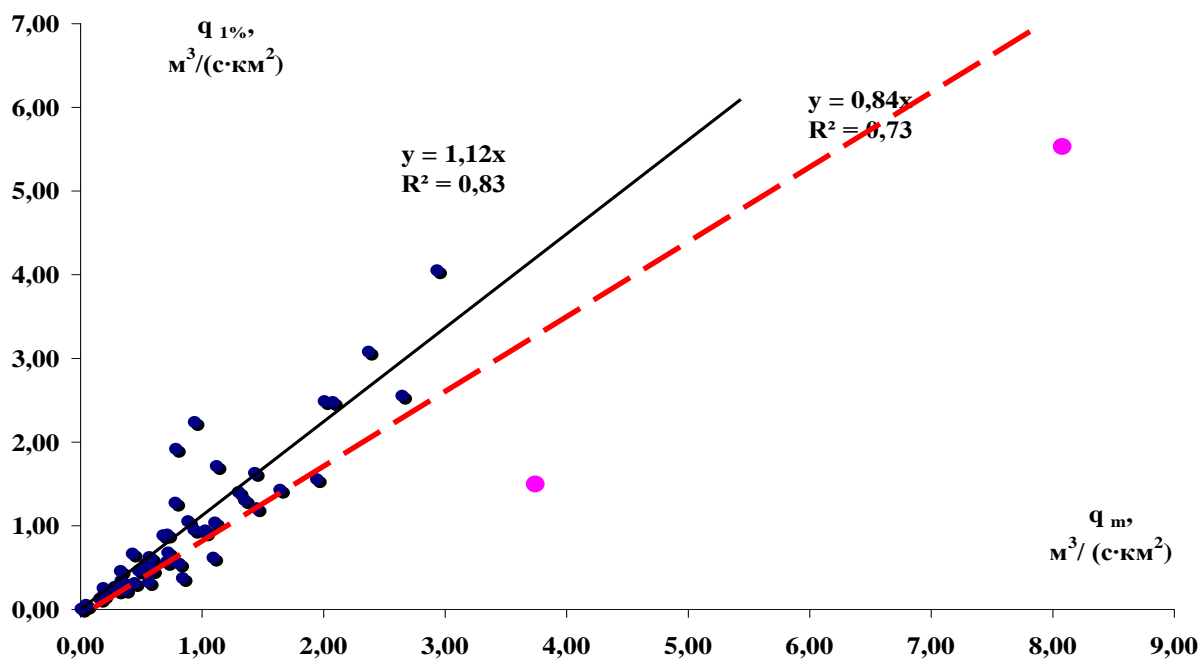


Рис.5.7 Порівняння розрахункових 1%-их модулів стоку з найбільшими модулями стоку за весь період спостережень для річок Гірського Криму

На рис.5.7 чітко виділяється основна група точок і значення отримані для двох постів, які суттєво відхиляються (р.Ворон-с.Ворон,  $F=10,3 \text{ км}^2$  та струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка,  $F=35 \text{ км}^2$ ). Розрахункові рівняння показані окремо для двох залежностей. Перше рівняння свідчить про те, що розраховані модулі стоку 1-ої забезпеченості більші на 12% від найбільших модулів стоку за весь період спостережень. Друге наведене рівняння з урахуванням 2-х постів (струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка, р.Ворон-с.Ворон) та показує, що розраховані модулі на 16% нижчі за максимальні спостережені. Таким чином, якщо врахувати дані обох залежностей, то в середньому максимальні модулі, які отримані за запропонованою методикою, будуть нижчими за максимальні спостережені на 4%. Що стосується величин стоку на постах струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка та р.Ворон-с.Ворон за нашими розрахунками їх забезпеченість знаходиться на рівні 0,3%. Отже, враховуючи цей факт, для оцінки величин забезпеченістю менше 1% (табл.3.1) була доповнена відповідними перехідними коефіцієнтами (табл.5.3).

Таблиця 5.3

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

$P\%$	0,3	0,5	1,0	3,0	5,0	10
$\lambda_p$	1,43	1,24	1,0	0,67	0,53	0,37

Викладене дозволяє рекомендувати методику, розроблену для річок Гірського Криму для практичного застосування. Результати перевірочних розрахунків представлені у додатку Л.3.

Точність розрахунку методики з урахуванням коефіцієнта впливу підстильної поверхні розрахована за формулою (5.10) знаходиться на рівні 22,9% (при точності вихідної інформації 21,6%). Результати розрахунків представлені у додатку Л.4.

## Висновки до розділу 5

1. Для нормування максимального стоку паводків теплого періоду на річках Гірського Криму в якості базової прийнята редуційна структура (5.1.).

2. Основним розрахунковим параметром запропонованої методики є максимальний модуль схилового припливу  $q'_m$ . Розраховані за формулою (5.3) модулі схилового припливу  $q'_{1\%}$  для річок Гірського Криму коливаються в широкому діапазоні - від  $0,48 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Салгир-с.Листв'яне) до  $25,92 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Ворон-с.Ворон). Максимальні та мінімальні значення  $q'_{1\%}$ , як правило, притаманні зонам розвантаження та живлення карсту.

3. Узагальнення величин  $q'_{1\%}$  за досліджуваною територією виконане у вигляді карти. Підставою для побудови карти-схеми розподілу  $q'_{1\%}$  стала залежність цієї величини від широти місцевості та зональності в розподілі опадів на розглядуваній території.

3. Розподіл максимальних модулів схилового припливу  $1\%$ -ої забезпеченості по території Гірського Криму представлений на рис.5.3. Розрахункові максимальні модулі схилового припливу в цілому збільшуються з північного сходу на південь від  $0,5 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  до  $10\text{-}15 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ . Локальні максимуми ( $20 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ) спостерігаються на річках Чорна та Ворон. В межах водозборів цих річок відбувається активне розвантаження карстових вод. З іншого боку, мінімальні значення максимальних модулів схилового припливу (від  $0,5 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  до  $2,5 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ) приурочені до зони живлення карсту.

4. Карта-схема розподілу  $k_n$  представлена на рис.5.5. Коефіцієнти впливу підстильної поверхні, як і максимальні модулі схилового припливу, в цілому збільшуються з північного сходу на південь від  $0,06$  до  $1,0$ . Максимуми ( $k_n=2,4$  та  $k_n=3,2$ ) спостерігаються на річках Чорна та Ворон,

відповідно. В межах водозборів цих річок знаходиться зона розвантаження карсту. Мінімальне значення  $k_n=0,06$  відповідає річці Салгир, в межах якої знаходиться зона живлення карсту та активна водогосподарська діяльність.

5. Точність запропонованої методики знаходиться на рівні 19,7% (при точності вихідної інформації 21,6%), що дозволяє рекомендувати методику, розроблену для річок Гірського Криму, для практичного застосування.

6. Точність розрахунку методики з урахуванням коефіцієнта впливу підстильної поверхні знаходиться на рівні 22,9% при точності вихідної інформації 21,6%.

## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота є закінченим науковим дослідженням, у якому на регіональному рівні вирішена актуальна задача щодо нормування розрахункових характеристик максимального стоку дощових паводків теплового періоду для річок Гірського Криму.

1. Дослідження умов формування паводків теплового періоду на річках Гірського Криму показало, що одним з факторів, який суттєво впливає на водний режим Кримських річок є карст. Формування паводків пов'язане з опадами зливого характеру, які охоплюють порівняно невеликі за площею території, але можуть приводити до катастрофічних наслідків.

2. Нормативні документи по розрахунках стоку річок, зокрема СНіП 2.01.14-83, ґрунтуються на спрощених редуційних структурах (при  $F > 200$  км<sup>2</sup>) і формулах граничної інтенсивності (при  $F < 200$  км<sup>2</sup>). Розрахунок максимального стоку річок Гірського Криму за цими структурами не забезпечений необхідними вихідними даними.

3. Результати розрахунків за регіональними методиками, які запропоновані у «Ресурсах поверхневих вод» та за П.Ф. Вишневським свідчать про неправомірність використання цих структур на сучасному етапі, а методика О.Л.Скорик потребує уточнення на актуальних вихідних даних.

4. У роботі за базу для нормування розрахункових характеристик дощових паводків прийнята модифікована редуційна формула (2.114).

5. Перевірка однорідності вихідної інформації за допомогою критеріїв Стюдента, Фішера та Уїлкоксона показала, що характеристики максимального стоку дощових паводків для річок Гірського Криму у більшості випадків однорідні у часі. Так, ряди максимальних витрат води дощових паводків однорідні в 21 випадках з 23 за трьома критеріями, тобто 91% рядів є однорідними. Подібна ситуація спостерігається і для рядів шарів стоку - вони однорідні в 20 випадках з 22 за трьома критеріями (91%). Отже в

цілому по території інформацію по максимальному стоку дощових паводків можна вважати однорідною.

6. Аналіз як хронологічних графіків, так і різницевих інтегральних кривих показав наявність повних циклів водності і відсутність значущих трендів для більшості річок Гірського Криму в ході максимального стоку дощових паводків теплого періоду року, а також підтвердив результати щодо однорідності вихідної інформації.

7. При визначенні розрахункових характеристик паводків (максимальних витрат води і шарів стоку) використовувались статистичні параметри розподілу і крива трипараметричного гама-розподілу. Порівняння отриманих величин заданої забезпеченості із спостереженими максимумами показало їх задовільну збіжність.

8. В дисертаційному дослідженні пропонується варіант розрахунку швидкості руслового добігання, який враховує дві схематизації - А.М.Бефані (за глибиною потоку) та Р.А. Нежиховського (за шириною потоку).

9. Для річок Гірського Криму коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу  $(n+1)/n = 16$ , а степеневий показник у рівнянні схилового припливу  $n = 0,07$ .

10. Для визначення тривалості схилового припливу води у руслову мережу для річок Гірського Криму використовувались комп'ютерна програма «Сагуар» і комплексний метод, запропонований проф. Гопченком Є.Д.

11. Основним розрахунковим параметром запропонованої методики є максимальний модуль схилового припливу  $q'_m$ . Розраховані модулі схилового припливу  $q'_1\%$  для річок Гірського Криму коливаються в широкому діапазоні - від  $0,48 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Салгир-с.Листв'яне) до  $25,92 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  (р.Ворон-с.Ворон).

12. Узагальнення величин  $q'_1\%$  за досліджуваною територією виконане у вигляді карти-схеми. Підставою для побудови карти-схеми розподілу  $q'_1\%$



стала залежність цієї величини від широти місцевості та зональність в розподілі опадів на розглядуваній території.

13. Розподіл максимальних модулів схилового припливу 1%-ої забезпеченості по території Гірського Криму представлений на рис.5.3. Розрахункові максимальні модулі схилового припливу в цілому збільшуються з північного сходу на південь від  $0,5 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  до  $10\text{--}15 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ . Локальні максимуми ( $20 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ) спостерігаються на річках Чорна та Ворон. В межах водозборів цих річок відбувається активне розвантаження карстових вод. З іншого боку, мінімальні значення максимальних модулів схилового припливу (від  $0,5 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  до  $2,5 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ) приурочені до зони живлення карсту.

14. Карта-схема розподілу  $k_n$  представлена на рис.5.5. Коефіцієнти впливу підстильної поверхні, як і максимальні модулі схилового припливу в цілому, збільшуються з північного сходу на південь від 0,06 до 1,0. Максимуми ( $k_n=2,4$  та  $k_n=3,2$ ) спостерігаються на річках Чорна та Ворон відповідно. В межах водозборів цих річок знаходиться зона розвантаження карсту. Мінімальне значення  $k_n=0,06$  відповідає річці Салгир, в межах якої знаходиться зона живлення карсту та активна водогосподарська діяльність.

15. Порівняння розрахункових максимальних витрат води заданої забезпеченості ( $P=1\%$ ) показує задовільну збіжність як з вихідною інформацією, так й з найбільшими за період спостережень максимальними витратами води. Точність розрахунку по запропонованій методиці знаходиться на рівні  $\pm 19,7\%$  при точності вихідної інформації  $\pm 21,6\%$ , що дозволяє рекомендувати методику, розроблену для річок Гірського Криму – для практичного застосування.

16. Точність розрахунку методики з урахуванням коефіцієнта впливу підстильної поверхні знаходиться на рівні  $22,9\%$  при точності вихідної інформації  $21,6\%$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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. URL:<http://www.isgeo.kiev.ua>
3. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В.М.Бабіченко. Київ : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
4. Тодорова Е.И., Мырза Е.Л. Исследование условий формирования паводков теплого и холодного периодов на реках Крымских гор // Матеріали XII наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2013. С.63.
5. Вишневський П.Ф. Зливи і зливовий стік на Україні / Київ: Наукова думка, 1964. 230 с.
6. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / за ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. К.:Ніка-Центр, 2006. 312 с.
7. Кліматологічні стандартні норми (1961-1990 рр.). Київ: 2002. 446 с.
8. Овчарук В.А., Тодорова Е.И. Пространственно-временные закономерности распределения паводкоформирующих осадков на территории Крыма // Материалы международной научно-практической конференции в памяти выдающегося российского гидролога Ю.Б. Виноградова «Вторые Виноградовские Чтения. Искусство Гидрологии», Санкт - Петербургский государственный университет, Санкт - Петербург, Россия, 18-22 ноября 2015 года. С. 255-257.
9. Тодорова О.І., Овчарук В.А. Дослідження паводкоформуєчих опадів теплого періоду року на території Гірського Криму // Матеріали ІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. - Одеса: ОДЕКУ, 2015. С.74-75.

10. Todorova O.I., Ovcharuk V.A. Extreme precipitation on the territory mountain Crimea // Book of abstract 33rd International Geographical Congress, 21-25 August 2016, Beijing, China. P. 1329.
11. Чуринов М.В. О карсте Горного Крыма/Сб. работ Региональное карстование. М.: Изд. АН СССР. 1961. С.45-64.
12. Дублянський В.Н., Дублянська Г.Н. Карстова республіка (карст Криму і його проблеми) / Симферополь: КАН. 1996. 85 с.
13. Нгуен Ле Минь, Лобода Н.С. Оценка вклада карстовых вод в формирование годового стока рек Горного Крыма с использованием метеорологической информации // Міжвід. наук. зб. України. - Метеорологія, кліматологія та гідрологія. Одеса.2004.Вип. 48. С.425–434.
14. Вахрушев Б.А. Районирование карста Крымского полу острова // журнал «Спелеология и карстология». №3. Симферополь. 2009. С.39-46.
15. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідро екологічні аспекти / К.: ВПЦ "Київський університет", 1999. 319 с.
16. Лобода Н.С., Шаменкова О.И., Довженко Н.Д. Оценка подземного стока рек горного Крыма на основе гидрометрических данных // Український гідрометеорологічний журнал. 2008. Вип №3. С.148-155.
17. Максимович Г.А. Основы карстования / Пермь, 1963. Т. 1. 440 с.
18. Балков В.А. методика изучения влияния карста на сток рек ( на примере кунгуро-иренского карстового района) // Методика изучения карста. Гидрология карста. Пермь, 1963. вып.8. , 1963. С.66-83.
19. Балков В.А. Влияние карста на водный баланс и сток / Уч.зап.Перм.гос. ун-тета. Пермь, 1964. №12.
20. Балков В.А. Влияние карста на сток рек Европейской территории СССР / Л.: Гидрометеиздат, 1970. 216 с.
21. Лобода Н.С. Расчет и обобщение характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния / Одесса: Экология, 2005.208 с.
22. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР / Л.; Гидрометеиздат,1960.455с.

23. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / К. : Ніка-Центр, 2010. 316 с.
24. Антипов А.Н. Сущность ландшафтно-гидрологического анализа // Ландшафтно-гидрологический анализ территории. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. С.5-17.
25. Тодорова О.І. Максимальний стік паводків теплого періоду на річках північно-західного схилу Кримських гір // Збірник наукових праць Всеукраїнської конференції з міжнародною участю. К.:Видавництво географічної літератури «Обрії», 2012. Випуск 8. С.282-285.
26. Справочник по водным ресурсам СССР. Украинская ССР:// под ред.М.С.Каганера;К.: Изд-во АН УССР, 1954. Часть 1.Том VIII.1954.620 с.
27. А.Н. Олиферов, З.В. Тимченко Реки и озера Крыма / Симферополь: Доля, 2005. 216 с.
28. Тодорова Е.И. Катастрофические паводки на реках Горного Крыма в теплый период года // Материалы Международной конференции и школы-семинара для молодых ученых и аспирантов памяти выдающегося российского гидролога Ю.Б. Виноградова «Первые Виноградовские Чтения. Будущее Гидрологии», Санкт - Петербургский государственный университет, Санкт - Петербург, Россия, 16-18 ноября 2013 года. С. 72-73.
29. Устойчивый Крым. Водные ресурсы / Симферополь: «Таврида», 2003. 413с.
30. Овчарук В.А., Прокофьев О.М., Тодорова Е.И. Особенности формирования паводков теплого периода на реках Горного Крыма // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна, № 1157, Серія «Геологія. Географія. Екологія.», випуск 42. С. 99-106.
31. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 447 с.
32. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. М., 2004. 72 с.

33. Гопченко Є.Д., Кічук Н.С., Овчарук В.А. Максимальний стік дощових паводків на річках Півдня України: монографія. / Одеський державний екологічний університет. Одеса, ТЕС, 2016. 212 с.

34. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А. Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины / Одесса: ТЭС, 2002. 110 с.

35. Гопченко Е.Д., Романчук М.Е. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности / Київ: КНТ, 2005. 148 с.

36. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Тодорова Е.И. Максимальный сток дождевых паводков рек Горного Крыма // Вісник Одеського державного екологічного університету. 2014. Вип.17. С.133 -140.

37. 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.

38. 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.

39. 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.

40. Тодорова О.І., Овчарук В.А. Методика визначення максимального стоку паводків теплого періоду на річках Гірського Криму за умови відсутності спостережень // Матеріали XV наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2016. С.82-83.

41. Овчарук В.А., Тодорова О.І., Траскова А.В. Визначення максимального стоку річок Гірського Криму при відсутності спостережень // Мат.Всеукр.конф. молодих вчених (16-17 листопада, м. Київ). К.: Ніка-Центр, 2016. С. 52-54.

42. Руководство по гидрологической практике. Том II Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. Шестое издание, ВМО- 168. – 2012 г. – 324 с.

43. Doogee, J.C.I., 1977. Problems and methods of rainfall-runoff modeling. In: Ciriani, T.A., U. Maione and J.R. Wallis (Eds.). *Mathematical Models for Surface Water Hydrology: The Workshop Held at the IBM Scientific Center, Pisa*. Wiley, London, pp: 71-108.

44. Singh, V.P., 1988: *Hydrologic Systems. Rainfall-Runoff Modeling*, Vol. I, Englewood Cliffs, Prentice Hall. 480 pp.

45. Hsu, Kuo-lin, H.V. and Gupta, S. Sorooshian, 1995. Artificial neural network modeling of the rainfall-runoff process. *Water Resour. Res.*, 31 (10): 2517-2530.

46. Smith, J. and R.B. Eli, 1995. Neural-network models of rainfall-runoff process. *J. Water Resour. Plng. Mgmt.*, ASCE, 4 (3): 232-239.

47. Dawson, C.W. and R. Wilby, 1998. An artificial neural network approach to rainfall-runoff modeling. *Hydro. Sci.*, 43 (1): 47-66.

48. Tokar, A.S. and P.A. Johnson, 1999. Rainfallrunoff modeling using artificial neural network. *J. Hydr. Eng.*, ASCE, 4 (3): 232-239.

49. Sajikumar, N. and B. Thandaveswara, 1999. A nonlinear rainfall runoff model using an artificial neural network. *Journal of Hydrology*, 216: 32-35

50. Tokar, A.S. and M. Markus, 2000. Precipitationrunoff modeling using artificial neural networks and conceptual models. *J. Hydro. Eng.*, ASCE, 5 (2): 156-161.

51. Zhang, B. and R.S. Govindaraju, 2003. Geomorphology-based artificial neural networks (GANNs) for estimation of direct runoff over watersheds. *J. Hydrol.*, 273 (1-4): 18-34.

52. Bergstorm, S., 1992: *The HBV model – its structure and applications*. SMHI Reports RH, No. 4, Norrkping, Sweden. – 35 pp.

53. Bergstorm, S., 1995: The HBV model. In Singh, V.P. (ed): Computer Models of Watershed Hydrology, Water Resources Publications. Colorado, United States, 443, 476.

54. Beldring, S., K. Engeland, L.A. Roald, N.R. Saelthun and A. Voks, 2003: Estimation of parameters in a distributed precipitation – runoff model for Norway. Hydrology and Earth System Sciences, 7(3):304–316.

55. SNA, 1995: Climate, Lakes and Rivers, The National Atlas of Sweden, Almqvist and Wiksell International, Stockholm.

56. Seibert, J. and Vis, M. (2012). Teaching hydrological modeling with a user-friendly catchment-runoff-model software package. Hydrology and Earth System Sciences, 16, 3315–3325, 2012.

57. Hughes, D.A. and W. Metzler, 1998: Assessment of three monthly rainfall-runoff models for estimating the water resource yield of semiarid catchments in Namibia, Hydrological Science Journal, 43(2): 283–297.

58. Hughes, D.A., 2004a: Incorporating groundwater recharge and discharge functions into an existing monthly rainfall-runoff model. Hydrological Science Journal, 49(2):297–311.

59. Hughes, D.A. and W. Metzler, 1998: Assessment of three monthly rainfall-runoff models for estimating the water resource yield of semiarid catchments in Namibia, Hydrological Science Journal, 43(2):283–297.

60. Кочерин Д.И. Вопросы инженерной гидрологии / Л.: Энергоиздат, 1932. 208 с.

61. Соколовский Д.Л. Речной сток / Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 538 с.

62. Гопченко Е.Д. Анализ структуры объемных формул // Метеорология, климатология и гидрология. 1976. Вып. 12. С. 84-90.

63. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Романчук М.Е., Ткаченко Т.Г. Научно-методическое обоснование нормативной базы по расчетам характеристик максимального стока рек Украины // Український гідрометеорологічний журнал. 2011. №9. С.118-125.

64. Гопченко Е.Д. О редуционных формулах максимального стока // Тр.УкрНИГМИ, 1980. Вып.175. С.85-93.
65. Гопченко Е.Д., Романчук М.Е., Романчук О.К. Теоретические аспекты формул предельной интенсивности // Метеорологія, кліматологія та гідрологія, 2005. Вип.49. С.414-423.
66. Гопченко Є.Д., Романчук М.Є. До побудовання нормативної бази в галузі максимального стоку на річках України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. К., 2001. Т.2. С.219-226.
67. Гопченко Є.Д., Романчук М.Є., Дорошенко О.М. Методика розрахунку характеристик максимального стоку з невеликих водозборів // Український гідрометеорологічний журнал. 2011. №8. С.195-203.
68. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Романчук М.Є., Бурлуцька М.Е. Оптимізація параметрів розрахункових формул максимального стоку, заснованих на геометричних моделях гідрографів дощових паводків і весняних водопіль та на методі руслових ізохрони // Вісник Одеського державного екологічного університету. 2014. №18. С.102-109.
69. Гопченко Е.Д. О редукиции максимальных модулей дождевого стока по площади // Метеорология и гидрология, 1975. №2. С.66-71.
70. Огиевский А.В. Гидрология суши / М.: Сельхозиздат. 1952. 515 с.
71. Мокляк В.И., Царенко Э.И. Расчеты максимальных расходов от талых вод на реках Украины и Молдавии // Труды УкрНИГМИ. 1967. Вып.73. С.3-26.
72. Мокляк В.И. Максимальні витрати від талих вод УРСР / К.: Видав. АН УРСР, 1957. 163 с.
73. Мокляк В.И. Расчеты весенних максимальных расходов воды (при отсутствии наблюдений) // Труды Киевск. Научн.-исслед. ГМО УССР. 1949. Вып.3(4).
74. Раффа У. Паводочные расходы различной вероятности в бассейне р. По // Международный симпозиум по паводкам и их расчетам. Т.1. Л.: Гидрометеоиздат. 1969. С. 353-361.



75. Расчеты паводочного стока. Методы расчетов на основе мирового опыта; под ред. А.А. Соколова, С.Е.Рантца, М. Роша, Ленинград, Гидрометеиздат, 1978. 303 с.

76. Бефани А.Н. Основы теории ливневого стока / Тр. ОГМИ, 1955, ч. II, вып. XIV, 302 с.

77. Бефани А.Н., Бефани Н.Ф., Гопченко Е.Д. Региональные модели формирования паводочного стока на территории СССР / Обнинск. 1981. вып. 2, 60 с.

78. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Тодорова Е.И. Проблемы создания нормативных документов в области расчета характеристик максимального стока рек Украины и возможные пути их решения // Географический вестник. 2016. № 1(36).С.49-57.

79. Алексеев Г.А. Схема расчета максимальных дождевых расходов воды по формуле предельной интенсивности стока с помощью кривых редукции осадков и стока //Тр.ГГИ. вып. 134. 1966. С. 55-71.

80. Chow V.T. Handbook of applied hydrology. New York, N.Y., McGraw – Hill, 1, 1964, 404 p.

81. Линслей Р.К., Колер М.А., Паулюс Д.Л. Прикладная гидрология (пер. с англ.) / Л.: Гидрометеиздат, 1962. 758 с.

82. Великанов В.А. Гидрология суши / Л.: Гидрометеиздат, 1948. 526 с.

83. Алексеев Г.А. Анализ и расчет максимального стока // Тр.НИУГМС. 1946. сер.IV. вып. 29. С.33-91.

84. Алексеев Г.А. Паводочный сток рек СССР / М.; Гидрометеиздат. 1956. 107 с.

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

86. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірманова Ж.Р. Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р.Прип'ять : монографія / Одеса: Екологія, 2011. 336 с.

87. Огиевский А.В. Основные закономерности в процессах стока на речных бассейнах / Тр.ННУ ГУ ГМС. сер.IV. 1945. Вып.13. 191 с.

88. Железняк И.А. Определение максимального расхода половодья по типовым характеристикам гидрометеорологических условий водосбора // Тр.УкрНИГМИ.1985.Вып.201. С.15-27.

89. Железняк И.А. Русловое регулирование и применение генетических формул стока // Труды УкрНИГМИ. 1977. Вып. 158. С.3-11.

90. Мокляк В.И. Расчеты весенних максимальных расходов воды (при отсутствии наблюдений) / Труды Киевск. Научн.-исслед. ГМО УССР. 1949. Вып.3(4).

91. Овчарук В.А., Тодорова Е.И. Методика нормирования характеристик максимального стока дождевых паводков теплого периода для рек Горного Крыма // Труды Четвертой Всероссийской научной конференции с международным участием, Москва, 15-18 сентября 2015 г. ИВП РАН: отв.ред.Болгов М.В. Москва: ИВП РАН. 2015. С.77-79.

92. Тодорова О.І. Обґрунтування по території максимальних модулів схилового припливу паводків теплого періоду на річках Гірського Криму // Матеріали XIII наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ОДЕКУ. 2014. С.76-77.

93. Ovcharuk Todorova O. Determination of characteristics maximal runoff Mountain Rivers in Crimea. J. Fundam. Appl. Sci., 2016, 8(2), 525-541.

94. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии / Л.: Гидрометеиздат, 1974. 423с.

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

96. Овчарук В.А., Тодорова Е.И. Статистические параметры максимальных расходов воды и слоев паводочного стока для рек горного Крыма // «Геополітика і екогеодинаміка регіонів» Науковий журнал. 2014. Том 10. Вип.1. С. 766-770.

97. E. Todorova, V. Ovcharuk Study cyclicity maximum runoff rivers of Crimea in conditions of modern climate change // The 26th IUGG General Assembly, Prague, Czech Republic, Prague Congress Center, July 22- June 2, 2015, HS01p-HS01p HS01p Changes in Flood Risk and Perception in Catchments and Cities. – Abstract: HS01p – 119. ([www.iugg2015prague.com](http://www.iugg2015prague.com)).

98. Устойчивый Крым. Симферополь – южная столица / Научные труды КАПКС. Крым Симферополь: Сонат, 2001. 360 с.

99. Земля у рівновазі. Екологія і людський рух / ГорА.,ВГО «Україна. Порядок денний на XXI століття» та інститут сталого розвитку. К. 2001.308 с.

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

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

102. Клибашев К.П., Горошков К.П. Гидрологические расчеты / Л.: Гидрометеиздат, 1970. 431 с.

103. Вопросы региональной гидрологии. Паводочный сток: Учеб. пособие / К. : УМК ВО, 1989. 132 с.

104. Тодорова О.І. Дослідження впливу зональних та азоняльних факторів на максимальний стік дощових паводків річок Гірського Криму // Мат. 6-ої Всеукр. наук.конф. з міжнар. участю (Дніпропетровськ, 20-22 травня 2014 р.). Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2014. С. 270-273.

105. Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды / Л.: Гидрометеиздат, 1971. 473 с.

106. Лалыкин Н.В. О расчёте скоростей добегаания// Труды ОГМИ. вып. XV. 1958. С.73-87.

107. Иваненко А.Г. Исследование скоростей добегаания паводков на реках Закарпатской области // Труды ОГМИ. 1961. вып.24. С.52-59.

108. Гопченко Е.Д. О расчёте скоростей руслового добега на горных реках северо-востока СССР // Метеорология, климатология и гидрология, вып.5. 1969. С.213-218.

109. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А Методика расчета скорости руслового добега на реках Украины // Причорноморський екологічний бюлетень. №2(24) Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ». 2007 р. С 53-55.

110. Киндюк Б.В. Гидрографическая сеть и ливневой сток рек Украинских Карпат / Одесса, "ТЭС". 2003. 221с.

111. Киндюк Б.В., Овчарук В.А. Розрахунок швидкостей добігання зливових паводків на річках Закарпаття // Водне господарство України. 2005. №3. С.55-58.

112. Основные гидрологические характеристики. Т.6. Украина и Молдавия. Вып.4. Крым.

1. Основные гидрологические характеристики. Т.6. Вып.4. Крым; за ред. М.М. Айзенберга. Ленинград, 1964. 244 с. 2. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 и весь период наблюдений). Т.6. Украина и Молдавия. Вып.4. Крым; за ред. М.И. Цукановой. Ленинград, 1975. 148 с. 3. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 и весь период наблюдений). Т.6. Вып.4. Крым; за ред. М.И. Цукановой. Ленинград, 1980. 120 с. 4. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т.2. Вып.3. Вып. Бассейны Северного Донца, рек Крыма и Приазовья. Ленинград, 1985. 363 с.

113. Тодорова О.І., Овчарук В.А. Обґрунтування параметрів формули швидкості руслового добігання хвиль паводків в теплий період року для річок Гірського Криму // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2015. Т. 1(36). С.25-30.

114. Гопченко Е.Д. Обоснование параметров редуцированной формулы для расчета максимального стока рек // Водные ресурсы. 1976. № 4. С. 34 -40.

115. Гопченко Е.Д., Гнездилов Ю.А. Графоаналитический метод определения параметров гидрографов склонового стока (по материалам полевого обследования ГВВ) // Труды УкрНИГМИ. 1974. Вып.127. С.54-61.

116. Андреевская Г.М., Гопченко Е.Д., Овчарук В.А. О форме графиков притока воды со склонов в русловую сеть // Метеорология, климатология и гидрология. 1996. Вып.33. С. 106-110.

117. Овчарук В.А., Тодорова О.І. Розрахункові характеристики граничних модулів схилового припливу під час паводків теплого періоду року на річках Гірського Криму / Фізична географія та геоморфологія. 2015. Т. 2(78). С.103-109.

118. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Тодорова Е.И. Комплексный метод определения расчетных характеристик склонового притока в периоды дождевых паводков и весенних половодий // Географія, картографія, географічна освіта: історія, методологія, практика. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернівці, 9-11 жовтня 2014 р.). Чернівці: Видавничий дім «Родовід», 2014. С. 44-45.

119. Тодорова О.І., Овчарук В.А. Обґрунтування тривалості схилового притоку під час дощових паводків з використанням комплексного методу (на прикладі річок Гірського Криму) // Матеріали міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення». Одеса: ОДЕКУ, 2014.С.139-140.

120. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Тодорова Е.И. Продолжительность притока воды со склонов в русловую сеть в период катастрофически высоких паводков на реках Нижнего Амура // Современные проблемы регионального развития: материалы V международ. науч.-практич. конф. Биробиджан, 09-11 сентября 2014 г.; под ред. Е.Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН – ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2014. С.200-201.

121. Овчарук В.А. К вопросу о влиянии карста на продолжительность притока воды со склонов в русловую сеть / № 42 –Ук 2001. 7с. Деп. ГНТБ Украины 05.03.2001.

122. Ovcharuk V.A., Ye.I. Todorova Research of karst's influence on the characteristics of slope runoff during floods on the rivers of north-western slope of Crimean mountains // Research Bulletin SWorld «Modern scientific research and their practical application», Volume J11302, May 2013, J11302-012.

123. Овчарук В.А., Траскова А.В., Тодорова О.І. Розподіл максимальних снігозапасів та опадів під час весняного водопілля на прикладі гірських водозборів басейну річки Дністер // Вісник Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича. 2016. Вип. 775-776. С. 84-89.

124. Ovcharuk V., Todorova E., Myrza E. Calculations characteristic of catastrophic floods on the mountain rivers of the Crimean peninsula. Paper 55. 7-th European conference on Severe storms ECSS 2013. 3-7 June 2013, Scandic Marina Congress Center, Helsinki, Finland.

## ДОДАТКИ

Додаток А.1 Основні гідрографічні характеристики для річок Гірського Криму

№ з/п	Річка - пост	Відстань $L$ , км		Ухил річки $I$ , ‰		Площа водозбору $F$ , км <sup>2</sup>	Середня висота $H_{сер}$ , м	Лісистість $f_{л}$ , %
		від витoku	від найбільш віддаленої точки річкової мережі	середній	середньозважений			
1	Альма – Кримдержзаповідник	9	13	79	33,5	39,7	810	89
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	24	28	42,1	24,5	184	640	91
3	Альма - с.Карагач	31	35	32,5	12,6	249	540	-
4	Альма-с.Красноармійське	65	69	20,9	8,26	607	500	-
5	Кача- с.Загірське	13	21	57,8	33,8	110	800	81
6	Кача- с.Баштанівка	28	36	37,6	19,6	321	600	75
7	Кача- с.Комсомольське	54	62	23,9	10,5	525	580	54
8	Стіля-с.Лісникове	7,6	7,6	111	106	8,8	870	73
9	Бельбек- с.Щасливе	0,5	7,5	129	104	44	840	73
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	20	27	43,4	17,4	270	730	51
11	Бельбек- с.Фруктове	49	56	23,6	8,04	493	680	44
12	Манаготра-с.Щасливе	1,6	3,7	149	114	5,06	660	81
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	0,5	4	202	179	6,55	980	65
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	1,8	5,5	156	131	10	980	80



## Продовження додатку А

№ з/п	Річка - пост	Відстань $L$ , км		Ухил річки $I$ , ‰		Площа водозбору $F$ , км <sup>2</sup>	Середня висота $H_{\text{сер}}$ , м	Лісистість $f_{\text{л}}$ , %
		від витoku	від найбільш віддаленої точки річкової мережі	середній	середньозважений			
15	притока Кучук-Узеньбаш	0,1	0,1	0,13	10,2	2,46	530	56
16	Кокозка-с.Аромат	17	18	59,2	74	83,6	910	66
17	Чорна-с.Родниківське	2	12	45	37,5	47,6	730	86
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	9	19	31,6	30,1	197	600	51
19	Чорна- с.Чорноріченське	24	34	22,6	18,6	342	520	56
20	Байдарка-с.Орлине	2	3	98	92,8	4,5	560	87
21	Учан-Су-сmt.Чехове	2,9	4,9	214	191	16,8	680	85
22	Учан-Су-м.Ялта	6,8	8,8	134	92,6	28,9	520	-
23	Дерекойка- м.Ялта	8,6	10	167	144	49,7	730	64
24	Путамиця-м.Ялта	0,6	6,8	203	184	24,8	670	75
25	Авунда-сmt.Гурзуф	7,2	7,8	186	185	23	900	58
26	Улу-Узень-м.Алушта	11	13	96,1	48,1	64,8	610	-
27	Демерджі-м.Алушта	12	13	79,5	73,1	53	460	26
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	7,9	8,9	135	84,8	12,2	360	50

## Продовження додатку А

з/п	Річка - пост	Відстань $L$ , км		Ухил річки $I$ , ‰		Площа водозбору $F$ , км <sup>2</sup>	Середня висота $H_{\text{сер}}$ , м	Лісистість $f_{\text{л}}$ , %
		від витoku	від найбільш віддаленої точки річкової мережі	середній	середньозважений			
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	11	12	102	69,1	32,5	530	46
30	Ускут-с.Привітне	7,8	8,3	59	42,2	42,3	390	14
31	Арпат-с.Зеленогір'я	1,3	2,7	233	185	5,1	720	11
32	Шелен-с.Громівка	3	5,2	108	106	16,2	560	57
33	Ворон-с.Ворон	7,6	8,4	76,2	53,6	10,3	500	76
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	6,5	8,3	69,9	41,6	12,8	480	55
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	-	-	-	-	0,32	-	-
36	Таракташ-м.Судак	20	20	41,3	26,1	156	340	86
37	Отуз-сmt.Щебетівка	0	13	49,3	32,2	58	340	84
38	струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка	12	13	49,3	32,9	35	370	87
39	Су-Індол-с.Тополівка	14	16	38,5	22,7	71	820	85
40	Салгир-с.Сорокине	1	16	65,7	28,1	90	770	-
41	Салгир-с.Піонерське	9	24	45,4	30	261	750	45
42	Салгир-м.Сімферополь	21	36	32	10,8	321	630	-

## Продовження додатку А

№ з/п	Річка - пост	Відстань $L$ , км		Ухил річки $I$ , ‰		Площа водозбору $F$ , км <sup>2</sup>	Середня висота $H_{сер}$ , м	Лісистість $f_{л}$ , %
		від витoku	від найбільш віддаленої точки річкової мережі	середній	середньозважений			
43	Салгир-с.Роздільне	48	63	19,9	5,97	564	610	24
44	Салгир-с.Листв'яне	168	183	7,54	2,04	3540	490	14
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	2	3,9	100	98,7	16,8	690	9
46	Ангара-с.Перевальне	5,8	8,8	112	74,1	38,3	880	58
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	21	22	23,9	23,3	96	410	7
48	Зуя-с.Баланове	12	15	35,7	34,1	48	590	47
49	Бурульча-с.Межигір'я	18	21	41,2	40,2	85	800	79
50	Біюк-Карасу-с.Карасівка	2	2	74,5	52	3,5	390	50
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	11	27	32,7	20,1	275	580	31
52	Біюк-Карасу-с.Зибіне	41	57	16,9	7,67	601	410	20
53	Тонас-м.Білогірськ	0,4	0,4	-	-	184	-	-
54	Кучук-Карасу-с.Богате	18	18	36,6	18,8	89	520	60

Додаток А.2. Характеристики найбільших паводків в  
теплий період року для річок Гірського Криму [1]

Річка-пост	$Q_m$ м <sup>3</sup> /с	Дата	$Y_m$ мм	Середньозважені опадати по водозбору, мм	Коефіцієнт стоку
Салгир- м.Сімферополь	118	12.07.1933	36	91,3	0,39
Бельбек- сmt.Куйбишеве	218	21.06.1941	33	69,6	0,47
Кача- с.Комсомольське	153	02.09.1928	3,9	38,3	0,1
Су-Індол -с.Тополівка	20	12.07.1931	30	65,5	0,46
Альма- с.Красноармійське	114	11,12.07. 1933	20	140	0,14
Альма-с.Поштове	57,6	23.04.1938	36	56	0,64
Кача-с.Баштанівка	92	15.07.1936	2,3	26,8	0,09
Улу-Узень-м.Алушта	32,2	15.07.1936	3,7	32,6	0,11
Бельбек-с.Фруктове	129	21.06.1941	34	69,3	0,49
Таракташ-м.Судак	21,1	27.08.1946	6,2	73,2	0,08
Чорна- біля гори Кизил-Кая	160	10.06.1949	123	153	0,8
Альма- Кримдержзаповідник	21,3	21.07.1939	61	147	0,41
струм.Кизилтаський- сmt.Щебетівка	14,1	21.08.1939	5,7	74,6	0,08
Чорна- с.Чорноріченське	105	10.06.1949	68	117	0,58
Дерекойка- м.Ялта	22,8	10.06.1949	73	120	0,61
Кучук-Карасу- с.Богате	23,4	01.06.1961	15	77,7	0,19
Салгир-с.Сорокіне	29,7	27.06.1956	30	83,6	0,36
Бурульча- с.Межигір'я	10,8	27.06.1956	20	76,8	0,26
Демерджи-м.Алушта	42,2	22.09.1962	9,6	43	0,22
Куру-Узень- с.Сонячногірське	4,78	22.09.1962	17	57,4	0,3

Додаток Б.1 Порівняння максимальних витрат води 1%-ої забезпеченості,  
отримані за методикою, наведеною у РПВ по відношенню до даних  
статистичної обробки 2010 року

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	за методикою, яка наведена у РПВ	за даними стат. обробки (до 2010 року)
			Q <sub>1%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>1%</sub> , м <sup>3</sup> /с
1	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	49,78	37,30
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	108,22	187,46
3	Альма - с.Карагач	249	125,99	87,44
4	Альма-с.Красноармійське	607	196,94	122,81
5	Кача- с.Загірське	110	83,53	78,62
6	Кача- с.Баштанівка	321	143,11	189,60
7	Кача-с.Комсомольське	525	183,13	255,05
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	22,49	11,71
9	Бельбек- с.Щасливе	44	52,47	22,64
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	131,21	251,41
11	Бельбек- с.Фруктове	493	177,45	291,87
12	Манаготра-с.Щасливе	5,06	16,44	16,30
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	19,07	7,55
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	24,12	13,22
15	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	10,58	2,66
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	72,71	87,96
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	54,62	108,47
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	112,00	150,39
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	147,73	119,68
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	15,35	11,75
21	Учан-Су-сmt.Чехове	16,8	42,84	22,99
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	41,01	62,48
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	38,84	31,04
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	41,58	22,11
25	Авунда-сmt.Гурзуф	23	41,84	9,82
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	37,72	39,42
27	Демерджи-м.Алушта	53	38,57	68,98
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	43,62	12,39
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	40,56	59,58
30	Ускут-с.Привітне	42,3	39,51	34,43
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	43,62	7,24
32	Шелен-с.Громівка	16,2	42,94	12,04
33	Ворон-с.Ворон	10,3	18,27	51,26

## Продовження додатку Б.1

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	за методикою, яка наведена у РПВ	за даними стат. обробки (до 2010 року)
			Q <sub>1%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>1%</sub> , м <sup>3</sup> /с
34	Ай-Серез-с. Міжріччя	12,8	43,52	27,75
35	б. Скеляста-с. Міжріччя	0,32	15,43	0,78
36	Таракташ-м. Судак	156	33,99	53,86
37	Отуз-с-мт. Щебетівка	58	38,19	41,55
38	струм. Кизилтаський-с-мт. Щебетівка	35	40,27	56,51
39	Су-Індол-с. Тополівка	71	41,46	66,25
40	Салгир-с. Сорокине	90	45,67	40,18
41	Салгир-с. Піонерське	261	70,22	128,63
42	Салгир-м. Сімферополь	321	76,31	111,23
43	Салгир-с. Роздільне	564	95,69	32,32
44	Салгир-с. Листв'яне	3540	199,68	31,96
45	Кизил-Коба-с. Червонопечерне	16,8	42,84	26,75
46	Ангара-с. Перевальне	38,3	32,16	60,91
47	Малий Салгир-м. Сімферополь	96	46,88	39,20
48	Зуя-с. Баланове	48	35,31	12,58
49	Бурульча-с. Межигір'я	85	44,62	49,51
50	Біюк-Карасу-с. Карасівка	3,5	10,79	31,08
51	Біюк-Карасу-м. Білогірськ	275	71,71	46,60
52	Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	98,16	40,68
53	Тонас-м. Білогірськ	184	61,00	124,03
54	Кучук-Карасу-с. Богате	89	45,46	97,80

Додаток Б.2 Порівняння максимальних витрат води 3%-ої забезпеченості з результатами статистичної обробки станом на 2010 з розрахунковими витратами (за П.Ф. Вишневським)

№ з/п	Річка-пост	за П.Ф. Вишневським	за даними стат. обробки (до 2010 року)
		$Q_{3\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{3\%}$ , м <sup>3</sup> /с
1	Альма – Кримдержзаповідник	89,6	27,12
3	Альма - с.Карагач	226	67,18
4	Альма-с.Красноармійське	290	79,73
6	Кача- с.Баштанівка	367	134,40
8	Стіля-с.Лісникове	18,7	7,66
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	410	177,20
11	Бельбек- с.Фруктове	402	187,74
17	Чорна-с.Родниківське	119	77,29
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	324	101,40
19	Чорна- с.Чорноріченське	376	83,47
25	Авунда-сmt.Гурзуф	66,6	5,87
26	Улу-Узень-м.Алушта	109	27,18
27	Демерджі-м.Алушта	96	44,09
38	струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка	42	33,80
40	Салгир-с.Сорокине	121	29,19
42	Салгир-м.Сімферополь	234	77,95
44	Салгир-с.Листв'яне	170	24,16
48	Зуя-с.Баланове	36,1	8,18
49	Бурульча-с.Межигір'я	76,2	33,91
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	218	34,92

Додаток Б.3 Розрахунок та порівняння максимальних витрат води 1%-ої забезпеченості за результатами статистичної обробки (станом на 2010 ) з максимальними витратами води за методикою Гопченка Є.Д. та Скорик О.Л.

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$t_p$ , год.	$\varphi$	$K_{\Gamma}$	$\varepsilon'_{II}$	$Y_m$ , мм	$q_p$ , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с за даними стат. обробки (до 2010 року)
1	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	2,22	0,13	1,1	0,85	80	1,22	48,55	37,30
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	4,34	0,26	1,1	0,56	50	0,53	97,05	187,46
3	Альма - с.Карагач	249	6,49	0,38	1,2	0,6	30	0,35	86,28	87,44
4	Альма-с.Красноармійське	607	13,11	0,63	1,2	0,43	25	0,18	108,27	122,81
5	Кача- с.Загірське	110	3,13	0,17	1,1	0,62	80	0,85	93,53	78,62
6	Кача- с.Баштанівка	321	5,59	0,32	1,1	0,46	35	0,30	96,32	189,60
7	Кача-с.Комсомольське	525	11,09	0,53	1,2	0,41	35	0,23	120,77	255,05
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	1,08	0,07	1,1	0,93	100	1,76	15,47	11,71
9	Бельбек- с.Щасливе	44	0,87	0,06	1,1	0,8	90	1,44	63,23	22,64
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	4,46	0,24	1,1	0,52	65	0,58	156,33	251,41
11	Бельбек- с.Фруктове	493	11,03	0,48	1,2	0,45	55	0,36	177,87	291,87
12	Манаготра-с.Щасливе	5,06	0,55	0,05	1,1	1	55	1,39	7,05	16,30
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	0,50	0,03	1,1	1	135	2,55	16,70	7,55
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	0,72	0,04	1,1	0,99	135	2,42	24,23	13,22
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	2,15	0,12	1,1	0,68	115	1,30	108,40	87,96
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	1,93	0,12	1,1	0,79	65	1,02	48,48	108,47
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	2,73	0,19	1,1	0,55	40	0,47	93,15	150,39
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	5,32	0,34	1,2	0,52	25	0,27	91,78	119,68



## Продовження додатку Б.3

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$t_p$ , год.	$\varphi$	$K_{\Gamma}$	$\varepsilon'_{II}$	$Y_m$ , мм	$q_p$ , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с за даними стат. обробки (до 2010 року)
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	0,49	0,05	1,1	1	30	0,87	3,92	11,75
21	Учан-Су-сміт.Чехове	16,8	0,53	0,06	1,1	0,85	68	1,98	33,25	22,99
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	1,12	0,14	1,1	0,8	46	1,45	41,90	62,48
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	1,02	0,10	1,1	0,48	76	1,07	53,14	31,04
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	1,43	0,14	1,1	0,7	66	1,39	34,49	22,11
25	Авунда-сміт.Гурзуф	23	0,80	0,07	1,1	0,83	60	1,25	28,68	9,82
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	1,85	0,19	1,1	0,5	56	0,88	56,85	39,42
27	Демерджі-м.Алушта	53	1,65	0,22	1,1	0,44	36	0,65	34,53	68,98
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	1,30	0,22	1,1	0,87	74	3,46	42,22	12,39
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	1,65	0,19	1,1	0,7	47	1,19	38,72	59,58
30	Ускут-с.Привітне	42,3	1,26	0,20	1,1	0,45	28	0,63	26,79	34,43
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	0,45	0,05	1,1	0,98	74	2,40	12,25	7,24
32	Шелен-с.Громівка	16,2	0,68	0,09	1,1	0,86	50	1,71	27,62	12,04
33	Ворон-с.Ворон	10,3	1,46	0,18	1,1	0,87	42	1,43	14,68	51,26
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	1,70	0,21	1,1	0,87	40	1,37	17,54	27,75
36	Таракташ-м.Судак	156	3,10	0,44	1,2	0,32	20	0,30	46,65	53,86
37	Отуз-сміт.Щебетівка	58	2,14	0,34	1,2	0,44	20	0,45	26,08	41,55
38	струм.Кизилтаський-сміт.Щебетівка	35	2,27	0,33	1,1	0,38	24	0,43	14,93	56,51
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	2,88	0,17	1,1	0,38	60	0,42	29,57	66,25
40	Салгир-с.Сорокине	90	2,60	0,17	1,1	0,27	55	0,31	27,73	40,18

## Продовження додатку Б.3

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$t_p$ , год.	$\varphi$	$K_{\Gamma}$	$\varepsilon'_{II}$	$Y_m$ , мм	$q_p$ , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с за даними стат. обробки (до 2010 року)
41	Салгир-с.Піонерське	261	3,32	0,22	1,1	0,1	50	0,10	27,16	128,63
42	Салгир-м.Сімферополь	321	6,80	0,51	1,2	0,06	38	0,06	18,27	111,23
43	Салгир-с.Роздільне	564	13,45	0,79	1,3	0,06	35	0,04	25,29	32,32
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	43,85	1,00	1,9	0,035	25	0,01	37,21	31,96
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	0,51	0,06	1,1	0,86	45	1,31	22,03	26,75
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	1,16	0,07	1,1	0,4	75	0,56	21,39	60,91
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	3,77	0,96	1,4	0,26	20	0,52	50,40	39,20
48	Зуя-с.Баланове	48	2,48	0,29	1,1	0,5	35	0,65	31,34	12,58
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	3,06	0,18	1,1	0,38	60	0,43	36,54	49,51
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	4,24	0,44	1,2	0,12	35	0,14	39,82	46,60
52	Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	11,11	1,00	1,8	0,045	20	0,04	24,07	40,68
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	3,35	0,52	1,2	0,28	30	0,43	38,48	97,80

Додаток В.1 Оцінка однорідності часових рядів максимальних витрат води річок Гірського Криму

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уілкоксона	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
Учан-Су-с.мт.Чехове	62	1%	2,36	2,61	так	1,14	2,66	так	так	так
		5%		2,06	ні		2	так	так	так
Дерекойка- м.Ялта	77	1%	1,73	2,51	так	0,46	2,65	так	так	так
		5%		2	так		1,99	так	так	так

## Продовження додатку В.1

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			$F$	$F_{кр}$		$t$	$t_{кр}$			
Демерджи-м.Алушта	59	1%	1,91	2,77	так	0,43	2,67	так	так	так
		5%		2,16	так		2,01	так	так	
Улу-Узень- с.Сонячногірське	61	1%	1,24	2,74	так	0,65	2,67	так	так	так
		5%		2,14	так		2,00	так	так	
Таракташ-м.Судак	60	1%	6,65	2,81	ні	2,04	2,67	так	так	так
		5%		2,17	ні		2,007	ні	так	ні
струм.Кизилтаський- с.мт.Щебетівка	54	1%	22,68	2,9	ні	0,64	2,68	так	так	так
		5%		2,23	ні		2,01	так	так	
Су-Індол-с.Тополівка	80	1%	10,19	2,41	ні	2,1	2,65	так	так	так
		5%		1,94	ні		1,99	ні	так	ні
Салгир-с.Піонерське	56	1%	1,48	2,87	так	0,54	2,68	так	так	так
		5%		2,21	так		2,01	так	так	
Ангара-с.Перевальне	58	1%	2,61	2,81	так	0,8	2,67	так	так	так
		5%		2,17	ні		2,01	так	так	
Бурульча-с.Межигір'я	65	1%	1,95	2,71	так	1,18	2,66	так	так	так
		5%		2,12	так		2,00	так	так	
Біюк-Карасу- м.Білогірськ	44	1%	2,47	3,68	так	0,61	2,72	так	так	так
		5%		2,62	так		2,03	так	так	
		5%		2,74	так		2,04	так	ні	так

## Продовження додатку В.1

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			$F$	$F_{кр}$		$t$	$t_{кр}$			
Кучук-Карасу- с.Богате	59	1%	18,0	2,81	ні	2,04	2,67	так	так	так
		5%		2,17	ні		2,007	ні	так	ні
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
Ускут- с.Привітне	41	1%	2,49	3,92	так	1,99	2,74	так	так	так
		5%		2,74	так		2,04	так	ні	так

Додаток В.2 Оцінка однорідності часових рядів максимальних шарів стоку річок Гірського Криму

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- смт.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
Учан-Су-смт.Чехове	62	1%	1,71	4,73	так	0,68	6,59	так	так	так
		5%		3,21	так		4,92	так	так	так
		5%		1,98	ні		1,99	ні	ні	ні

## Продовження додатку В.2

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			$F$	$F_{кр}$		$t$	$t_{кр}$			
Дерекойка- м.Ялта	79	1%	2,89	2,48	ні	2,38	2,65	так	так	так
		5%		1,98			ні	1,996	ні	ні
Демерджі-м.Алушта	60	1%	3,6	2,81	ні	0,71	2,67	так	так	так
		5%		2,17			ні	2,01	так	так
Улу-Узень- с.Сонячногірське	62	1%	1,15	2,77	так	0,61	2,67	так	так	так
		5%		2,16	так		2,01	так	так	так
Таракташ-м.Судак	59	1%	1,14	2,81	так	0,24	2,67	так	так	так
		5%		2,17	так		2,01	так	так	так
струм.Кизилтаський- сміт.Щебетівка	53	1%	17,15	2,9	ні	1,39	2,68	так	так	так
		5%		2,23	ні		2,01	так	так	так
Су-Індол-с.Тополівка	82	1%	2,72	2,45	ні	0,35	2,65	так	так	так
		5%		1,96	ні		1,99	так	так	так
Салгир-с.Піонерське	56	1%	2,65	2,81	так	2,65	2,67	так	так	так
		5%		2,17	ні		2,01	ні	ні	ні
Ангара-с.Перевальне	59	1%	1,61	2,81	так	0,16	2,67	так	так	так
		5%		2,17	так		2,01	так	так	так
		5%		2,86	так		2,04	так	ні	так

## Продовження додатку В.2

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			$F$	$F_{кр}$		$t$	$t_{кр}$			
Бурульча- с.Межигір'я	65	1%	1,057	2,71	так	0,49	2,67	так	так	так
		5%		2,12	так		2,00	так	так	так
Біюк-Карасу- м.Білогірськ	43	1%	1,69	3,68	так	0,54	2,72	так	так	так
		5%		2,62	так		2,03	так	так	так
Кучук-Карасу- с.Богате	60	1%	1,92	2,81	так	0,8	2,67	так	так	так
		5%		2,17	так		2,01	так	так	так
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
Ускут- с.Приветное	40	1%	1,56	4,16	так	1,01	2,75	так	так	так
		5%		2,86	так		2,04	так	ні	так



Додаток В.3 Статистичні параметри часових рядів максимальних витрат води  
дошових паводків річок Гірського Криму

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$r(I)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_v/C_s$	$C_v$	$C_s$	$C_v/C_s$
1	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	8,37	0,16	0,89	1,93	2,20	0,91	2,47	2,70
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	27,4	0,15	1,35	2,95	2,20	1,42	4,60	3,20
3	Альма - с.Карагач	249	25,9	0,37	0,64	1,13	1,80	0,67	1,60	2,40
4	Альма-с.Красноармійське	607	22,7	0,33	1,06	2,54	2,40	1,12	4,38	3,90
5	Кача- с.Загірське	110	18,4	0,14	0,85	1,43	1,70	0,87	1,97	2,30
6	Кача- с.Баштанівка	321	37,9	0,04	0,97	2,57	2,60	1,03	3,58	3,50
7	Кача-с.Комсомольське	525	26,8	0,03	2,20	6,47	2,90	2,63	12,64	4,80
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	1,69	0,56	1,36	1,88	1,40	1,44	2,78	1,90
9	Бельбек- с.Щасливе	44	7,68	0,17	0,57	1,23	2,20	0,57	1,56	2,70
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	48,8	0,08	1,05	2,48	2,40	1,06	3,01	2,80
11	Бельбек- с.Фруктове	493	39,4	0,06	1,37	5,09	3,70	1,54	8,10	5,20
12	Манаготра-с.Щасливе	5,06	3,41	0,04	0,94	1,06	1,10	0,98	1,36	1,40
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	2,71	0,03	0,53	0,89	1,70	0,53	0,95	1,80
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	2,19	0,18	1,11	3,29	2,90	1,25	4,96	4,00
15	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	1,20	0,04	0,39	0,24	0,60	0,39	0,29	0,70
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	20,4	0,12	0,87	1,70	1,90	0,88	2,09	2,40
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	22,3	0,07	0,97	2,92	3,00	1,00	3,75	3,80

## Продовження додатку В.3

№ з/п	Річка-Пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$r(I)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	24,4	0,09	1,16	3,33	2,90	1,28	5,44	4,30
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	22,1	0,19	1,07	2,11	2,00	1,12	3,20	2,90
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	1,23	0,09	1,91	4,24	2,20	2,03	7,70	3,80
21	Учан-Су-сміт.Чехове	16,8	4,72	0,08	0,99	2,32	2,40	1,00	2,88	2,90
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	8,84	0,14	1,29	3,57	2,80	1,47	6,34	4,30
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	7,10	0,08	0,88	0,77	0,90	0,89	0,80	0,90
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	5,46	0,42	0,80	1,47	1,80	0,82	1,93	2,40
25	Авунда-сміт.Гурзуф	23	1,03	0,08	2,17	4,10	1,90	2,42	8,99	3,70
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	6,92	0,24	1,14	2,60	2,30	1,18	3,97	3,40
27	Демерджи-м.Алушта	53	9,15	0,16	1,52	3,05	2,00	1,57	4,17	2,70
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	2,01	0,14	1,23	1,74	1,40	1,28	2,34	1,80
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	6,88	0,08	1,75	3,98	2,30	1,81	5,97	3,30
30	Ускут-с.Привітне	42,3	6,40	0,18	1,08	1,78	1,60	1,11	2,22	2,00
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	1,56	0,05	0,91	0,51	0,60	0,95	0,59	0,60
32	Шелен-с.Громівка	16,2	1,47	0,06	1,59	3,29	2,10	1,71	6,31	3,70
33	Ворон-с.Ворон	10,3	5,38	0,07	2,49	4,58	1,80	2,83	10,43	3,70
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	3,53	0,10	1,56	3,01	1,90	1,64	4,65	2,80
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	0,32	0,19	0,10	0,81	1,09	1,30	0,83	1,38	1,70
36	Таракташ-м.Судак	156	8,35	0,27	1,31	2,09	1,60	1,34	2,53	1,90

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$r(I)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
37	Отуз-с.мт.Щебетівка	58	5,41	0,02	1,52	1,99	1,30	1,60	2,65	1,70
38	струм.Кизилтаський-с.мт.Щебетівка	35	5,93	0,07	2,99	6,89	2,30	3,26	14,19	4,40
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	8,05	0,04	1,67	3,57	2,10	1,72	4,79	2,80
40	Салгир-с.Сорокіне	90	9,01	0,28	0,89	1,61	1,80	0,91	2,30	2,50
41	Салгир-с.Піонерське	261	19,6	0,01	1,33	2,72	2,00	1,36	3,61	2,70
42	Салгир-м.Сімферополь	321	21,1	0,01	1,03	2,77	2,70	1,09	4,13	3,80
43	Салгир-с.Роздільне	564	8,67	0,22	0,74	1,59	2,10	0,75	2,05	2,70
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	8,48	0,37	0,74	1,09	1,50	0,76	1,30	1,70
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	4,89	0,27	1,09	1,92	1,80	1,13	2,78	2,50
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	9,52	0,08	1,29	2,44	1,90	1,33	3,12	2,30
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	5,54	0,11	1,39	2,92	2,10	1,47	4,84	3,30
48	Зуя-с.Баланове	48	1,77	0,01	1,41	1,98	1,40	1,48	2,71	1,80
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	8,48	0,07	1,19	2,88	2,40	1,21	3,78	3,10
50	Біюк-Карасу-с.Карасівка	7,1	11,02	0,11	0,54	0,79	1,50	0,54	0,86	1,60
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	12,0	0,19	0,77	1,77	2,30	0,78	2,17	2,80
52	Біюк-Карасу-с.Зибіне	601	10,4	0,36	0,75	1,33	1,80	0,79	1,84	2,30
53	Тонас-м.Білогірськ	184	13,54	0,37	1,81	2,97	1,60	1,92	4,56	2,40
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	10,72	0,08	1,81	3,43	1,90	1,91	5,00	2,60

Додаток В.4 Максимальні витрати води дощових паводків теплого періоду Гірського Криму  
різної забезпеченості ( $P=1,3,5,10\%$ ) при  $C_s=3C_v$

№ з/п	Річка-пост	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{3\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{10\%}$ , м <sup>3</sup> /с
1	Альма – Кримдержзаповідник	8,37	0,91	37,3	27,1	22,8	17,3
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	27,4	1,42	187	123	97,4	66,7
3	Альма - с.Карагач	25,9	0,67	87,3	67,1	59,1	47,7
4	Альма-с.Красноармійське	22,7	1,12	123	79,9	66,1	47,2
5	Кача- с.Загірське	18,4	0,87	78,6	57,6	48,7	37,3
6	Кача- с.Баштанівка	37,9	1,03	190	134	111	82,2
7	Кача-с.Комсомольське	26,8	2,63	255	153	114	70,1
8	Стіля-с.Лісникове	1,69	1,44	11,7	7,66	6,05	4,12
9	Бельбек- с.Щасливе	7,68	0,57	22,6	18,1	16,0	13,3
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	48,8	1,06	251	177	145	107
11	Бельбек- с.Фруктове	39,4	1,54	292	188	147	98,2
12	Манаготра-с.Щасливе	3,41	0,98	16,3	11,7	9,69	7,26
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	2,71	0,53	7,55	6,11	5,46	4,56
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	2,19	1,25	13,2	8,96	7,23	5,11
15	притока Кучук-Узеньбаш	1,20	0,39	2,66	2,25	2,07	1,81
16	Кокозка-с.Аромат	20,4	0,88	88,0	64,3	54,2	41,5
17	Чорна-с.Родниківське	22,3	1,00	108	77,3	64,1	47,9
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	24,4	1,28	150	101	81,4	57,3
19	Чорна- с.Чорноріченське	22,1	1,12	120	83,5	68,0	49,5

## Продовження додатку В.4

№ з/п	Річка-пост	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{3\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{10\%}$ , м <sup>3</sup> /с
20	Байдарка-с.Орлине	1,23	2,03	11,7	7,03	5,25	3,23
21	Учан-Су-сmt. Чехове	4,72	1,00	23,0	16,4	13,6	10,1
22	Учан-Су-м.Ялта	8,84	1,47	62,5	40,7	32,0	21,7
23	Дерекойка- м.Ялта	7,10	0,89	31,0	22,6	19,0	14,6
24	Путамиця-м.Ялта	5,46	0,82	22,1	16,4	14,0	10,9
25	Авунда-сmt.Гурзуф	1,03	2,42	9,82	5,87	4,39	2,70
26	Улу-Узень-м.Алушта	6,92	1,18	39,4	27,2	22,1	15,8
27	Демерджи-м.Алушта	9,15	1,57	69,0	44,1	34,4	22,9
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	2,01	1,28	12,4	8,35	6,71	4,72
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	6,88	1,81	59,6	36,7	27,9	17,7
30	Ускут-с.Привітне	6,40	1,11	34,4	24,1	19,6	14,3
31	Арпат-с.Зеленогір'я	1,56	0,95	7,24	5,21	4,35	3,29
32	Шелен-с.Громівка	1,47	1,71	12,0	7,53	5,78	3,75
33	Ворон-с.Ворон	5,38	2,83	51,3	30,7	22,9	14,1
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	3,53	1,64	27,7	17,5	13,6	8,9
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	0,19	0,83	0,78	0,58	0,49	0,38
36	Таракташ-м.Судак	8,35	1,34	53,9	35,9	28,6	19,9
37	Отуз-сmt.Щебетівка	5,41	1,60	41,5	26,5	20,6	13,6
38	струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка	5,93	3,26	56,5	33,8	25,3	15,5

## Продовження додатку В.4

№ з/п	Річка-пост	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{3\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{10\%}$ , м <sup>3</sup> /с
39	Су-Індол-с.Тополівка	8,05	1,72	66,3	41,4	31,7	20,5
40	Салгир-с.Сорокіне	9,01	0,91	40,2	29,2	24,5	18,7
41	Салгир-с.Піонерське	19,6	1,36	129	85,2	68,0	47,1
42	Салгир-м.Сімферополь	21,1	1,09	111	77,9	63,8	46,8
43	Салгир-с.Роздільне	8,67	0,75	32,3	24,4	21,1	16,6
44	Салгир-с.Листв'яне	8,48	0,76	32,0	24,2	20,8	16,4
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	4,89	1,13	26,7	18,6	15,2	11,0
46	Ангара-с.Перевальне	9,52	1,33	60,9	40,6	32,5	22,7
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	5,54	1,47	39,2	25,5	20,1	13,6
48	Зуя-с.Баланове	1,77	1,48	12,6	8,18	6,43	4,35
49	Бурульча-с.Межигір'я	8,48	1,21	49,5	33,9	27,5	19,6
50	Біюк-Карасу-с.Карасівка	11,0	0,54	31,1	25,0	22,4	18,6
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	12,0	0,78	46,6	34,9	29,9	23,5
52	Біюк-Карасу-с. Зибіне	10,4	0,79	40,7	30,4	26,0	20,4
53	Тонас-м.Білогірськ	13,5	1,92	124	75,1	56,5	35,3
54	Кучук-Карасу-с.Богате	10,7	1,91	97,8	59,3	44,6	27,9

Додаток В.5 Статистичні параметри часових рядів максимальних шарів стоку дощових паводків теплого періоду річок Гірського Криму

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Y}$ , мм	r(l)	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>
1	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	47	0,05	0,61	0,87	1,40	0,62	0,98	1,60
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	24	0,13	0,93	1,70	1,80	0,96	2,19	2,30
3	Альма - с.Карагач	249	13	0,18	0,59	0,40	0,70	0,61	0,50	0,80
4	Альма-с.Красноармійське	607	6	0,36	0,89	1,49	1,70	0,93	2,05	2,20
5	Кача- с.Загірське	110	26	0,05	1,32	2,66	2,00	1,44	5,19	3,60
6	Кача- с.Баштанівка	321	15	0,08	1,21	2,17	1,80	1,25	2,93	2,30
7	Кача-с.Комсомольське	525	8	0,04	0,96	1,92	2,00	0,98	2,33	2,40
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	18	0,35	1,49	2,51	1,70	1,59	4,20	2,60
9	Бельбек- с.Щасливе	44	41	0,50	1,09	2,12	2,00	1,15	3,47	3,00
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	20	0,12	1,09	2,06	1,90	1,11	2,45	2,20
11	Бельбек- с.Фруктове	493	14	0,14	0,93	1,41	1,50	0,95	1,59	1,70
12	Манаготра-с.Щасливе	5,06	28	0,28	1,05	1,17	1,10	1,11	1,54	1,40
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	105	0,17	0,81	2,02	2,50	0,86	2,57	3,00
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	52	0,22	0,69	0,92	1,30	0,70	1,03	1,50
15	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	299	0,53	0,78	0,69	0,90	0,86	0,98	1,10
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	40	0,19	0,89	1,45	1,60	0,92	1,78	1,90
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	115	0,03	0,86	2,07	2,40	0,87	2,48	2,80
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	94	0,13	0,99	2,76	2,80	1,13	4,22	3,70
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	18	0,24	0,97	1,40	1,40	1,02	1,91	1,90
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	18	0,06	0,94	2,06	2,20	0,96	2,84	2,90

## Продовження додатку В.5

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{Y}$ , мм	$r(I)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$
21	Учан-Су-сmt. Чехове	16,8	40	0,01	1,93	3,54	3,00	1,27	5,06	4,00
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	36	0,01	1,05	1,84	1,80	1,09	2,54	2,30
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	32	0,02	1,22	2,97	2,40	1,24	3,85	3,10
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	19,5	0,05	1,11	1,89	1,70	1,15	2,72	2,40
25	Авунда-сmt.Гурзуф	23	6,8	0,05	2,22	4,32	1,90	2,50	10,3	4,10
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	21	0,09	1,12	2,28	2,00	1,17	3,41	2,90
27	Демерджі-м.Алушта	53	9	0,01	1,76	4,38	2,50	1,84	7,02	3,80
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	9	0,11	1,63	2,67	1,60	1,76	4,33	2,50
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	41	0,03	0,84	1,38	1,60	0,85	1,57	1,80
30	Ускут-с.Привітне	42,3	6,5	0,04	1,01	1,83	1,80	1,03	2,32	2,30
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	9,5	0,01	1,01	1,94	1,90	1,06	3,18	3,00
32	Шелен-с.Громівка	16,2	10,0	0,06	1,62	2,85	1,80	1,75	5,11	2,90
33	Ворон-с.Ворон	10,3	17	0,24	1,84	3,87	2,10	2,06	7,97	4,00
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	7,5	0,10	1,41	3,10	2,20	1,47	4,85	3,30
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	0,32	14	0,04	1,35	1,03	0,80	1,44	1,28	0,90
36	Таракташ-м.Судак	156	2	0,02	1,47	2,70	1,80	1,53	3,63	2,40
37	Отуз-сmt.Щебетівка	58	5,0	0,13	1,41	1,93	1,40	1,47	2,57	1,70
38	струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка	35	8	0,06	2,57	6,06	2,40	2,78	11,9	4,30
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	9	0,18	1,29	2,56	2,30	1,32	3,79	2,90



## Продовження додатку В.5

№ з/п	Річка-пост	F, км <sup>2</sup>	$\bar{Y}$ , мм	r(I)	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>
40	Салгир-с.Сорокіне	90	19	0,12	0,76	1,13	1,50	0,80	1,52	1,90
41	Салгир-с.Піонерське	261	12	0,07	1,15	2,24	2,00	1,17	2,87	2,40
42	Салгир-м.Сімферополь	321	13	0,14	0,87	2,17	2,50	0,89	3,06	3,40
43	Салгир-с.Роздільне	564	4	0,53	0,82	1,10	1,30	0,85	1,36	1,60
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	2	0,27	0,97	1,37	1,40	1,02	1,80	1,80
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	39	0,35	0,94	1,03	1,10	0,97	1,23	1,30
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	26	0,03	1,08	1,84	1,70	1,11	2,22	2,00
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	4	0,18	1,13	2,50	2,20	1,18	3,86	3,30
48	Зуя-с.Баланове	48	13	0,01	1,32	2,71	2,00	1,39	4,37	3,10
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	21	0,09	0,96	1,89	2,00	0,97	2,25	2,30
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	20	0,12	1,06	2,77	2,60	1,20	4,08	3,40
52	Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	8	0,33	1,65	2,68	1,60	1,82	5,03	2,80
53	Тонас-м.Білогірськ	184	5	0,10	1,09	2,68	2,50	1,12	3,93	3,50
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	10	0,10	1,33	2,19	1,60	1,37	2,75	2,00

Додаток В.6 Максимальні шари стоку дощових паводків теплого періоду річок Гірського Криму  
різної забезпеченості ( $P=1,3,5,10\%$ ) при  $C_s=2,5C_v$

№ з/п	Річка-пост	$\bar{Y}$ , мм	$C_v$	$Y_{1\%}$ , мм	$Y_{3\%}$ , мм	$Y_{5\%}$ , мм	$Y_{10\%}$ , мм
1	Альма – Кримдержзаповідник	47	0,62	145	116	103	85
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	24	0,96	110	81	69	52
3	Альма - с.Карагач	13	0,61	40	32	28	23
4	Альма-с.Красноармійське	6	0,93	27	20	17	13
5	Кача- с.Загірське	26	1,44	181	122	97	67
6	Кача- с.Баштанівка	15	1,25	87	61	50	35
7	Кача-с.Комсомольське	8	0,98	37	28	23	18
8	Стіля-с.Лісникове	18	1,59	141	93	73	49
9	Бельбек- с.Щасливе	41	1,15	226	161	132	97
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	20	1,11	106	76	63	46
11	Бельбек- с.Фруктове	14	0,95	64	47	40	30
12	Манаготра-с.Щасливе	28	1,11	149	106	88	65
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	105	0,86	435	328	280	218
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	52	0,70	178	140	122	99
15	притока Кучук-Узеньбаш	299	0,86	1238	933	798	622
16	Кокозка-с.Аромат	40	0,92	176	131	112	86
17	Чорна-с.Родниківське	115	0,87	482	362	309	240
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	94	1,13	510	363	300	220
19	Чорна- с.Чорноріченське	18	1,02	90	66	55	41
20	Байдарка-с.Орлине	18	0,96	82	60	51	39

## Продовження додатку В.6

№ з/п	Річка-пост	$\bar{Y}$ , мм	$C_v$	$Y_{1\%}$ , мм	$Y_{3\%}$ , мм	$Y_{5\%}$ , мм	$Y_{10\%}$ , мм
21	Учан-Су-сmt. Чехове	40	1,27	243	169	137	98
22	Учан-Су-м. Ялта	36	1,09	188	135	112	83
23	Дерекойка- м. Ялта	32	1,24	190	133	108	77
24	Путамиця-м. Ялта	19	1,15	107	76	63	46
25	Авунда-сmt. Гурзуф	7	2,50	67	41	31	19
26	Улу-Узень-м. Алушта	21	1,17	120	85	70	51
27	Демерджі-м. Алушта	9	1,84	82	52	40	25
28	Куру-Узень-с. Сонячногірське	9	1,76	74	47	37	24
29	Улу-Узень- с. Сонячногірське	41	0,85	167	126	108	84
30	Ускут-с. Привітне	7	1,03	32	23	19	16
31	Арпат-с. Зеленогір'я	10	1,06	48	35	29	22
32	Шелен-с. Громівка	10	1,75	85	54	42	27
33	Ворон-с. Ворон	17	2,06	166	102	77	47
34	Ай-Серез-с. Міжріччя	7	1,47	53	35	28	19
35	б. Скеляста-с. Міжріччя	14	1,44	97	65	52	36
36	Таракташ-м. Судак	2	1,53	18	12	9	6
37	Отуз-сmt. Щебетівка	5	1,47	33	22	18	12
38	струм. Кизилтаський-сmt. Щебетівка	8	2,78	73	45	34	21
39	Су-Індол-с. Тополівка	9	1,32	59	41	33	23

## Продовження додатку В.6

№ з/п	Річка-пост	$\bar{Y}$ , мм	$C_v$	$Y_{1\%}$ , мм	$Y_{3\%}$ , мм	$Y_{5\%}$ , мм	$Y_{10\%}$ , мм
40	Салгир-с.Сорокіне	19	0,8	74	56	48	38
41	Салгир-с.Піонерське	12	1,17	67	48	39	28
42	Салгир-м.Сімферополь	13	0,89	57	43	36	28
43	Салгир-с.Роздільне	4	0,85	16	12	11	8
44	Салгир-с.Листв'яне	2	1,02	10	7	6	4
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	39	0,97	183	135	114	86
46	Ангара-с.Перевальне	26	1,11	138	99	82	60
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	4	1,18	23	16	13	9
48	Зуя-с.Баланове	13	1,39	87	59	47	33
49	Бурульча-с.Межигір'я	21	0,97	97	72	61	46
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	20	1,2	115	81	66	48
52	Біюк-Карасу-с. Зибіне	8	1,82	70	45	34	22
53	Тонас-м.Білогірськ	5	1,12	27	19	16	12
54	Кучук-Карасу-с.Богате	10	1,37	66	45	36	25

Додаток Д Розрахунок середньоквадратичної похибки максимальних витрат води 1%-ної ймовірності перевищення

№ з/п	Річка - пост	п, років	$C_v$	$E_\sigma$	$\sigma_{Q_{1\%}}$
1	Альма – Кримдержзаповідник	48	0,91	1,3	18,8
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	39	1,42	1,4	22,4
3	Альма - с.Карагач	17	0,67	1,02	24,7
4	Альма-с.Красноармійське	25	1,12	1,4	28,0
5	Кача- с.Загірське	20	0,87	1,2	26,8
6	Кача- с.Баштанівка	43	1,03	1,4	21,3
7	Кача-с.Комсомольське	57	2,63	1,4	18,5
8	Стіля-с.Лісникове	23	1,44	1,4	29,2
9	Бельбек- с.Щасливе	22	0,57	0,87	18,5
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	77	1,06	1,4	16,0
11	Бельбек- с.Фруктове	71	1,54	1,4	16,6
12	Манаготра-с.Щасливе	23	0,98	1,38	28,8
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	51	0,53	0,83	11,6
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	46	1,25	1,4	20,6
15	притока Кучук-Узеньбаш	46	0,39	0,8	11,8
16	Кокозка-с.Аромат	40	0,88	1,21	19,1
17	Чорна-с.Родниківське	72	1	1,4	16,5
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	37	1,28	1,4	23,0
19	Чорна- с.Чорноріченське	25	1,12	1,4	28,0
20	Байдарка-с.Орлине	39	2,03	1,4	22,4
21	Учан-Су-сmt.Чехове	52	1	1,32	18,3
22	Учан-Су-м.Ялта	33	1,47	1,4	24,4
23	Дерекойка- м.Ялта	77	0,89	1,22	13,9
24	Путамиця-м.Ялта	25	0,82	1,1	22,0
25	Авунда-сmt.Гурзуф	25	2,42	1,4	28,0
26	Улу-Узень-м.Алушта	32	1,18	1,4	24,7
27	Демерджі-м.Алушта	59	1,57	1,4	18,2
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	29	1,28	1,4	26,0
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	61	1,81	1,4	17,9
30	Ускут-с.Привітне	41	1,11	1,4	21,9
31	Арпат-с.Зеленогір'я	18	0,95	1,3	30,6
32	Шелен-с.Громівка	25	1,71	1,4	28,0
33	Ворон-с.Ворон	28	2,83	1,4	26,5
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	38	1,64	1,4	22,7
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	20	0,83	1,2	26,8
36	Таракташ-м.Судак	60	1,34	1,4	18,1
37	Отуз-сmt.Щебетівка	35	1,6	1,4	23,7

## Продовження додатку Д

№ з/п	Річка - пост	n, років	$C_v$	$E_\sigma$	$\sigma_{Q_{1\%}}$
38	струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка	54	3,26	1,4	19,1
39	Су-Індол-с.Тополівка	80	1,72	1,4	15,7
40	Салгир-с.Сорокіне	21	0,91	1,3	28,4
41	Салгир-с.Піонерське	56	1,36	1,4	18,7
42	Салгир-м.Сімферополь	38	1,09	1,4	22,7
43	Салгир-с.Роздільне	29	0,75	1,05	19,5
44	Салгир-с.Листв'яне	27	0,76	1,06	20,4
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	25	1,127	1,4	28,0
46	Ангара-с.Перевальне	58	1,33	1,4	18,4
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	33	1,47	1,4	24,4
48	Зуя-с.Баланове	32	1,48	1,4	24,7
49	Бурульча-с.Межигір'я	65	1,21	1,4	17,4
50	Біюк-Карасу-с.Карасівка	41	0,65	1	15,6
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	44	0,78	1,07	16,1
52	Біюк-Карасу-с.Зибіне	22	0,79	1,08	23,0
53	Тонас-м.Білогірськ	38	1,92	1,4	22,7
54	Кучук-Карасу-с.Богате	59	1,91	1,4	18,2
					Середнє $\pm 21,6\%$

Додаток Ж.1 Порівняння швидкостей руслового добігання, отриманими за різними редакціями

№ з/п	Річка-Пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$I$ , ‰	$V_d$ , м/с за формулою (4.10)	$V_d$ , м/с за формулою (4.11)
1	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	33,5	1,47	1,65
2	Альма - с.Карагач	249	12,6	1,47	1,51
3	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	24,5	1,74	1,81
4	Альма-с.Красноармійське	607	8,26	1,49	1,48
5	Кача- с.Загірське	110	33,8	1,77	1,88
6	Кача- с.Баштанівка	321	19,6	1,79	1,81
7	Кача-с.Комсомольське	525	10,5	1,58	1,57
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	106	1,66	1,98
9	Бельбек- с.Щасливе	44	104	2,20	2,42
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	17,4	1,66	1,70
11	Бельбек- с.Фруктове	493	8,04	1,43	1,43
12	Манাগотра-с.Щасливе	5,06	114	1,54	1,89
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	179	1,88	2,26
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	131	1,83	2,16
15	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	10,2	0,60	0,77
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	74	2,20	2,35
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	37,5	1,58	1,75
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	30,1	1,89	1,96
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	18,6	1,78	1,79
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	92,8	1,41	1,74
21	Учан-Су-смт.Чехове	16,8	191	2,28	2,61
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	92,6	1,96	2,21
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	144	2,52	2,74
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	21,5	1,16	1,34
25	Авунда-смт.Гурзуф	23	193	2,42	2,73
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	48,1	1,82	1,98
27	Демерджі-м.Алушта	53	73,1	2,02	2,21
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	84,8	1,63	1,92
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	69,1	1,82	2,04
30	Ускут-с.Привітне	42,3	46,8	1,67	1,85
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	83,1	1,39	1,70
32	Шелен-с.Громівка	16,2	106	1,85	2,14

## Продовження додатку Ж.1

№ з/п	Річка-Пост	F, км <sup>2</sup>	I, ‰	V <sub>д</sub> , м/с за формулою (4.10)	V <sub>д</sub> , м/с за формулою (4.11)
33	Ворон-с.Ворон	10,3	53,6	1,36	1,61
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	30	1,16	1,37
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	0,32	-	-	-
36	Таракташ-м.Судак	156	26,1	1,73	1,81
37	Отуз-с-мт.Щебетівка	58	32,2	1,56	1,71
38	струм.Кизилтаський-с-мт.Щебетівка	35	32,9	1,43	1,61
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	22,7	1,43	1,56
40	Салгир-с.Сорокине	90	28,1	1,61	1,73
41	Салгир-с.Піонерське	261	30	1,99	2,03
42	Салгир-м.Сімферополь	321	10,8	1,46	1,49
43	Салгир-с.Роздільне	564	5,97	1,32	1,31
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	2,04	1,28	1,17
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	103	1,85	2,13
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	74,1	1,92	2,13
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	23,3	1,53	1,64
48	Зуя-с.Баланове	48	34,1	1,53	1,70
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	40,2	1,80	1,93
50	Біюк-Карасу-с.Карасівка	3,5	52	1,10	1,39
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	20,1	1,75	1,79
52	Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	7,67	1,45	1,44
53	Тонас-м.Білогірськ	184	-	-	-
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	18,8	1,40	1,51



Додаток Ж.2 Розрахункові значення тривалості руслового добігання  
на річках Гірського Криму

№ з/п	Річка-Пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$I$ , ‰	$L$ , км	$t_p$ , год.
1	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	33,5	13	8,83
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	24,5	28	16,05
3	Альма - с.Карагач	249	12,6	35	23,82
4	Альма-с.Красноармійське	607	8,26	69	46,17
5	Кача- с.Загірське	110	33,8	21	11,84
6	Кача- с.Баштанівка	321	19,6	36	20,14
7	Кача-с.Комсомольське	525	10,5	62	39,25
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	106	7,6	4,58
9	Бельбек- с.Щасливе	44	104	7,5	3,40
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	17,4	27	16,23
11	Бельбек- с.Фруктове	493	8,04	56	39,26
12	Манаготра-с.Щасливе	5,06	114	3,7	2,40
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	179	4	2,13
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	131	5,5	3,01
15	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	10,2	0,1	0,17
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	74	18	8,17
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	37,5	12	7,59
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	30,1	19	10,03
19	Чорна- с. Чорноріченське	342	18,6	34	19,14
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	92,8	3	2,13
21	Учан-Су-сmt.Чехове	16,8	191	4,9	2,15
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	92,6	8,8	4,48
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	144	10	3,97
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	21,5	6,8	5,84
25	Авунда-сmt.Гурзуф	23	193	7,8	3,22
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	48,1	13	7,15
27	Демерджі-м.Алушта	53	73,1	13	6,43
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	84,8	8,9	5,45
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	69,1	12	6,61
30	Ускут-с.Привітне	42,3	46,8	8,3	4,97
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	83,1	2,7	1,95
32	Шелен-с.Громівка	16,2	106	5,2	2,81

## Продовження додатку Ж.2

№ з/п	Річка-Пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$I$ , ‰	$L$ , км	$t_p$ , год.
33	Ворон-с.Ворон	10,3	53,6	8,4	6,20
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	30	8,3	7,18
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	0,32	-	-	-
36	Таракташ-м.Судак	156	26,1	20	11,56
37	Отуз-сmt.Щебетівка	58	32,2	13	8,36
38	струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка	35	32,9	13	9,09
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	22,7	16	11,17
40	Салгир-с.Сорокине	90	28,1	16	9,96
41	Салгир-с.Піонерське	261	30	24	12,06
42	Салгир-м.Сімферополь	321	10,8	36	24,66
43	Салгир-с.Роздільне	564	5,97	63	47,70
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	2,04	183	143,43
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	103	3,9	2,11
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	74,1	8,8	4,59
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	23,3	22	14,42
48	Зуя-с.Баланове	48	34,1	15	9,79
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	40,2	21	11,69
50	Біюк-Карасу-с.Карасівка	3,5	52	2	1,81
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	20,1	27	15,40
52	Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	7,67	57	39,18
53	Тонас-м.Білогірськ	184	-	0,4	-
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	18,8	18	12,87

Додаток 3 Визначення коефіцієнтів часової нерівномірності припливу води зі схилів до руслової мережі дощових паводків на річках Гірського Криму

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\lg(F+1)$	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$\bar{Y}$ , мм	$\bar{T}_n$ , діб	$\frac{m_1 + 1}{m_1}$
1	Альма – Кримдержзаповідник	39,7	1,61	8,37	47	12,2	4,74
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	2,27	27,43	24	11,4	6,10
3	Альма - с.Карагач	249	2,40	25,94	13	11,4	7,86
4	Альма-с.Красноармійське	607	2,78	22,65	6	13,3	7,12
5	Кача- с.Загірське	110	2,05	18,39	26	13,5	7,44
6	Кача- с.Баштанівка	321	2,51	37,86	15	11,9	8,32
7	Кача-с.Комсомольське	525	2,72	26,76	8	12,5	6,89
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	0,99	1,69	18	8,04	7,25
9	Бельбек- с.Щасливе	44	1,65	7,68	41	14,0	5,14
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	2,43	48,82	20	11,6	9,10
11	Бельбек- с.Фруктове	493	2,69	39,44	14	14,2	7,02
12	Манаготра-с.Щасливе	5,06	0,78	3,41	28	6,9	14,29
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	0,88	2,71	105	10,3	3,50
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	1,04	2,19	52	10,4	3,78
15	притока Кучук-Узеньбаш	2,46	0,54	1,20	299	11,3	1,59
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	1,93	20,36	40	13,1	6,88
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	1,69	22,27	115	13,3	4,67
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	2,30	24,38	94	14,4	1,63
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	2,54	22,08	18	13,3	4,01
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	0,74	1,23	18	6,6	8,81
21	Учан-Су-смт.Чехове	16,8	1,25	4,72	40	8,8	5,32
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	1,48	8,84	36	11,2	8,23
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	1,71	7,10	32	12,2	4,71
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	1,41	5,46	19,5	7,6	7,43
25	Авунда-смт.Гурзуф	23	1,38	1,03	6,8	8,61	4,88
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	1,82	6,92	21	13,0	5,61
27	Демерджі-м.Алушта	53	1,73	9,15	9	6,3	10,16
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	1,12	2,01	9	5,9	9,65
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	1,53	6,88	41	12,6	5,66
30	Ускут-с.Привітне	42,3	1,64	6,4	6,5	9,15	18,40

## Продовження додатку 3

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$\lg(F+1)$	$\bar{Q}_m$ , м <sup>3</sup> /с	$\bar{Y}$ , мм	$\bar{T}_n$ , діб	$\frac{m_1 + 1}{m_1}$
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	0,79	1,56	9,5	6,33	17,55
32	Шелен-с.Громівка	16,2	1,24	1,47	10,0	9,96	7,81
33	Ворон-с.Ворон	10,3	1,05	5,38	17	8,6	22,84
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	1,14	3,53	7,5	8,63	27,53
35	б.Скеляста-с.Міжріччя	0,32	0,12	0,19	14	10,3	37,74
36	Таракташ-м.Судак	156	2,20	8,35	2	6,7	13,00
37	Отуз-сmt.Щебетівка	58	1,77	5,41	5	8,24	14,01
38	струм.Кизилтаський- сmt.Щебетівка	35	1,56	5,93	8	8,3	16,28
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	1,86	8,05	9	10,0	10,38
40	Салгир-с.Сорокіне	90	1,96	9,01	19	15,1	6,85
41	Салгир-с.Піонерське	261	2,42	19,64	12	11,4	6,19
42	Салгир-м.Сімферополь	321	2,51	21,07	13	15,3	6,52
43	Салгир-с.Роздільне	564	2,75	8,67	4	14,2	4,73
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	3,55	8,48	2	19,3	1,99
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	1,25	4,89	39	9,12	5,82
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	1,59	9,52	26	10,2	8,45
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	1,99	5,54	4	6,5	8,05
48	Зуя-с.Баланове	48	1,69	1,77	13	14,4	3,53
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	1,93	8,48	21	12,5	5,13
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	2,44	12,04	20	15,0	2,84
52	Біюк-Карасу-с.Зибіне	601	2,78	10,40	8	13,9	2,60
53	Тонас-м.Білогірськ	184	2,27	13,54	5	8,97	11,23
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	1,95	10,72	10	9,9	10,34

Додаток К Визначення тривалості схилового припливу  $T_0$   
на річках Гірського Криму

№ з/п	Річка-пост	$F, \text{ км}^2$	$H_{\text{сер}}, \text{ м}$	$T_0, \text{ год. за програмою «Сагуар»}$	$T_0, \text{ год. за комплексним методом}$
1	Альма –Кримдержзаповідник	39,7	810	86	93
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	640	31	29
3	Альма - с.Карагач	249	540	36	26
4	Альма-с.Красноармійське	607	500	29	19
5	Кача- с.Загірське	110	800	104	89
6	Кача- с.Баштанівка	321	600	43	29
7	Кача-с.Комсомольське	525	580	18	12
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	870	32	138
9	Бельбек- с.Щасливе	44	840	310	252
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	730	38	25
11	Бельбек- с.Фруктове	493	680	26	17
12	Манатра-с.Щасливе	5,06	660	50	78
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	980	433	567
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	980	117	165
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	910	79	68
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	730	113	116
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	600	261	172
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	520	74	49
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	560	36	56
21	Учан-Су-смт.Чехове	16,8	680	141	168
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	520	59	62
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	730	169	163
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	670	79	93

## Продовження додатку К

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{\text{сер}}$ , м	$T_0$ , год. за програмою «Сагуар»	$T_0$ , год. за комплексним методом
25	Авунда-с.мт.Гурзуф	23	900	110	126
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	610	98	92
27	Демерджі-м.Алушта	53	460	36	33
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	360	58	81
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	530	56	61
30	Ускут-с.Привітне	42,3	390	25	23
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	720	38	57
32	Шелен-с.Громівка	16,2	560	91	110
33	Ворон-с.Ворон	10,3	500	28	40
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	480	20	26
36	Таракташ-м.Судак	156	340	21	15
37	Отуз-с.мт.Щебетівка	58	340	25	23
38	струм.Кизилтаський-с.мт.Щебетівка	35	370	28	29
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	820	31	28
40	Салгир-с.Сорокіне	90	770	73	65
41	Салгир-с.Піонерське	261	750	47	30
42	Салгир-м.Сімферополь	321	630	46	33
43	Салгир-с.Роздільне	564	610	56	42
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	490	89	59
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	690	94	109
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	880	55	54
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	410	25	21
48	Зуя-с.Баланове	48	590	167	181
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	800	74	68

## Продовження додатку К

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{\text{сер}}$ , м	$T_0$ , год. за програмою «Сагуар»	$T_0$ , год. за комплексним методом
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	580	231	146
52	Біюк-Карасу-с.Зибіне	601	410	243	147
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	520	27	24

Додаток Л.1 Розрахункові максимальні модулі схилового припливу 1%-ої  
забезпеченості дощових паводків на річках Гірського Криму

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$Y_{1\%}$ , мм	$T_0$ , ГОДИНИ	$q'_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с км <sup>2</sup>
1	Альма –Кримдержзаповідник	39,7	145	86	7,51
2	Альма-вище вдсх.Партизанське	184	110	31	15,91
3	Альма - с.Карагач	249	40	36	4,91
4	Альма-с.Красноармійське	607	27	30	4,00
5	Кача- с.Загірське	110	181	105	7,73
6	Кача- с.Баштанівка	321	87	44	8,90
7	Кача-с.Комсомольське	525	37	19	8,89
8	Стіля-с.Лісникове	8,8	141	91	6,95
9	Бельбек- с.Щасливе	44	226	310	3,26
10	Бельбек- смт.Куйбишеве	270	106	39	12,34
11	Бельбек- с.Фруктове	493	64	27	10,77
12	Манаготра-с.Щасливе	5,06	149	51	13,12
13	Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	435	434	4,49
14	Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	178	117	6,78
16	Кокозка-с.Аромат	83,6	176	79	9,99
17	Чорна-с.Родниківське	47,6	482	113	19,09
18	Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	510	262	8,73
19	Чорна- с.Чорноріченське	342	90	74	5,43
20	Байдарка-с.Орлине	4,5	82	37	10,02
21	Учан-Су-смт.Чехове	16,8	243	142	7,69
22	Учан-Су-м.Ялта	28,9	188	59	14,18
23	Дерекойка- м.Ялта	49,7	190	170	5,00
24	Путамиця-м.Ялта	24,8	107	79	6,05
25	Авунда-смт.Гурзуф	23	67	111	2,69
26	Улу-Узень-м.Алушта	64,8	120	99	5,42



## Продовження додатку Л.1

№ з/п	Річка-пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$Y_{1\%}$ , мм	$T_0$ , години	$q'_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с км <sup>2</sup>
27	Демерджи-м.Алушта	53	82	36	10,08
28	Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	74	58	5,71
29	Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	167	56	13,30
30	Ускут-с.Привітне	42,3	32	26	5,60
31	Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	48	38	5,64
32	Шелен-с.Громівка	16,2	85	92	4,14
33	Ворон-с.Ворон	10,3	166	29	25,92
34	Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	53	20	11,64
36	Таракташ-м.Судак	156	18	21	3,68
37	Отуз-снт.Щебетівка	58	33	25	5,88
38	струм.Кизилтаський-снт.Щебетівка	35	73	28	11,68
39	Су-Індол-с.Тополівка	71	59	31	8,49
40	Салгир-с.Сорокіне	90	74	74	4,48
41	Салгир-с.Піонерське	261	67	48	6,26
42	Салгир-м.Сімферополь	321	57	46	5,51
43	Салгир-с.Роздільне	564	16	56	1,30
44	Салгир-с.Листв'яне	3540	10	89	0,49
45	Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	183	95	8,65
46	Ангара-с.Перевальне	38,3	138	55	11,22
47	Малий Салгир-м.Сімферополь	96	23	25	3,99
48	Зуя-с.Баланове	48	87	167	2,32
49	Бурульча-с.Межигір'я	85	97	75	5,84
51	Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	115	231	2,22
52	Біюк-Карасу-с.Зибіне	601	70	244	1,30
54	Кучук-Карасу-с.Богате	89	66	28	10,67

Додаток Л.2 Визначення  $k_n$  для річок Гірського Криму

№ з/п	Річка-Пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{сер}$ , м	$Y_{1\%}$ , мм за формулою (5.4)	$T_0$ , ГОД. за формулою (5.5)	$q'_{1\% H_{сер}}$ , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$q'_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$k_n$
1	р.Альма – Кримдержзаповідник	39,7	810	135	74,2	8,18	7,51	0,93
2	р.Альма-више вдсх.Партизанське	184	640	103	57,2	8,07	15,91	1,97
3	р.Альма - с.Карагач	249	540	84	47,2	7,98	4,91	0,61
4	р.Альма-с.Красноармійське	607	500	77	43,2	7,93	4,00	0,49
5	р.Кача- с.Загірське	110	800	134	73,2	8,17	7,73	0,96
6	р.Кача- с.Баштанівка	321	600	96	53,2	8,04	8,90	1,10
7	р.Кача-с.Комсомольське	525	580	92	51,2	8,02	8,89	1,10
8	р.Стіля-с.Лісникове	8,8	870	147	80,2	8,20	6,95	0,86
9	р.Бельбек- с.Щасливе	44	840	141	77,2	8,19	3,26	0,40
10	р.Бельбек- смт.Куйбишеве	270	730	120	66,2	8,13	12,34	1,53
11	р.Бельбек- с.Фруктове	493	680	111	61,2	8,10	10,77	1,33
12	р.Манаготра-с.Щасливе	5,06	660	107	59,2	8,09	13,12	1,62
13	р.Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	980	168	91,2	8,24	4,49	0,55
14	р.Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	980	168	91,2	8,24	6,78	0,84
16	р.Кокозка-с.Аромат	83,6	910	154	84,2	8,22	9,99	1,23
17	р.Чорна-с.Родниківське	47,6	730	120	66,2	8,13	19,09	2,36
18	р.Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	600	96	53,2	8,04	8,73	1,08
19	р.Чорна- с.Чорноріченське	342	520	80	45,2	7,96	5,43	0,67

## Продовження додатку Л.2

№ з/п	Річка-Пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{сер}$ , м	$Y_{1\%}$ , мм за формулою (5.4)	$T_0$ , год. за формулою (5.5)	$q'_{1\% H_{сер}}$ , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$q'_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$k_n$
20	р.Байдарка-с.Орлине	4,5	560	88	49,2	8,00	10,02	1,24
21	р.Учан-Су-сmt.Чехове	16,8	680	111	61,2	8,10	7,69	0,95
22	р.Учан-Су-м.Ялта	28,9	520	80	45,2	7,96	14,18	1,75
23	р.Дерекойка- м.Ялта	49,7	730	120	66,2	8,13	5,00	0,62
24	р.Путамиця-м.Ялта	24,8	670	109	60,2	8,10	6,05	0,75
25	р.Авунда-сmt.Гурзуф	23	900	153	83,2	8,21	2,69	0,33
26	р.Улу-Узень-м.Алушта	64,8	610	97	54,2	8,05	5,42	0,67
27	р.Демерджі-м.Алушта	53	460	69	39,2	7,87	10,08	1,25
28	р.Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	360	50	29,2	7,66	5,71	0,71
29	р.Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	530	82	46,2	7,97	13,30	1,64
30	р.Ускут-с.Привітне	42,3	390	56	32,2	7,74	5,60	0,69
31	р.Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	720	118	65,2	8,13	5,64	0,70
32	р.Шелен-с.Громівка	16,2	560	88	49,2	8,00	4,14	0,51
33	р.Ворон-с.Ворон	10,3	500	77	43,2	7,93	25,92	3,20
34	р.Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	480	73	41,2	7,91	11,64	1,44
36	р.Таракташ-м.Судак	156	340	46	27,2	7,59	3,68	0,45
37	р.Отуз-сmt.Щебетівка	58	340	46	27,2	7,59	5,88	0,73
38	струм.Кизилтаський-сmt.Щебетівка	35	370	52	30,2	7,68	11,68	1,44

## Продовження додатку Л.2

№ з/п	Річка-Пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$H_{сер}$ , м	$Y_{1\%}$ , мм за формулою (5.4)	$T_0$ , год. за формулою (5.5)	$q'_{1\% H_{сер}}$ , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$q'_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$k_n$
39	р.Су-Індол-с.Тополівка	71	820	137	75,2	8,18	8,49	1,05
40	р.Салгир-с.Сорокине	90	770	128	70,2	8,16	4,48	0,55
41	р.Салгир-с.Піонерське	261	750	124	68,2	8,15	6,26	0,77
42	р.Салгир-м.Сімферополь	321	630	101	56,2	8,07	5,51	0,68
43	р.Салгир-с.Роздільне	564	610	97	54,2	8,05	1,30	0,16
44	р.Салгир-с.Листв'яне	3540	490	75	42,2	7,92	0,49	0,06
45	р.Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	690	113	62,2	8,11	8,65	1,07
46	р.Ангара-с.Перевальне	38,3	880	149	81,2	8,20	11,22	1,39
47	р.Малий Салгир-м.Сімферополь	96	410	59	34,2	7,78	3,99	0,49
48	р.Зуя-с.Баланове	48	590	94	52,2	8,03	2,32	0,29
49	р.Бурульча-с.Межигір'я	85	800	134	73,2	8,17	5,84	0,72
51	р.Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	580	92	51,2	8,02	2,22	0,27
52	р.Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	410	59	34,2	7,78	1,30	0,16
54	р.Кучук-Карасу-с.Богате	89	520	80	45,2	7,96	10,67	1,32

## Додаток Л.3 Перевірочні розрахунки за формулою (5.1)

№ з/п	Річка-Пост	F, км <sup>2</sup>	q <sub>1%</sub> розр', м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	q <sub>1%</sub> факт', м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	Δ , %
1	р.Альма – Кримдержзаповідник	39,7	1,05	0,94	11,97
2	р.Альма-више вдсх.Партизанське	184	0,94	1,02	7,44
3	р.Альма - с.Карагач	249	0,27	0,35	23,70
4	р.Альма-с.Красноармійське	607	0,17	0,20	17,31
5	р.Кача- с.Загірське	110	0,62	0,71	13,52
6	р.Кача- с.Баштанівка	321	0,47	0,59	20,66
7	р.Кача-с.Комсомольське	525	0,33	0,49	33,07
8	р.Стіля-с.Лісникове	8,8	2,24	1,33	68,10
9	р.Бельбек- с.Щасливе	44	0,66	0,51	29,21
10	р.Бельбек- смт.Куйбишеве	270	0,62	0,93	33,82
11	р.Бельбек- с.Фруктове	493	0,37	0,59	36,91
12	р.Манаготра-с.Щасливе	5,06	3,08	3,22	4,44
13	р.Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	1,71	1,15	48,67
14	р.Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	1,40	1,32	6,15
16	р.Кокозка-с.Аромат	83,6	0,95	1,05	9,54
17	р.Чорна-с.Родниківське	47,6	2,55	2,28	12,05
18	р.Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	0,55	0,76	28,51
19	р.Чорна- с.Чорноріченське	342	0,23	0,35	35,25
20	р.Байдарка-с.Орлине	4,5	4,05	2,61	55,17
21	р.Учан-Су-смт.Чехове	16,8	1,63	1,37	19,17
22	р.Учан-Су-м.Ялта	28,9	2,48	2,16	14,59
23	р.Дерекойка- м.Ялта	49,7	0,62	0,62	0,07
24	р.Путамиця-м.Ялта	24,8	0,89	0,89	0,14
25	р.Авунда-смт.Гурзуф	23	0,46	0,43	8,70
26	р.Улу-Узень-м.Алушта	64,8	0,54	0,61	10,64
27	р.Демерджи-м.Алушта	53	1,21	1,30	7,23
28	р.Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	1,27	1,02	25,43
29	р.Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	1,55	1,83	15,17
30	р.Ускут-с.Привітне	42,3	0,68	0,81	16,63
31	р.Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	1,92	1,42	35,11
32	р.Шелен-с.Громівка	16,2	0,89	0,74	19,16

## Продовження додатку Л.3

№ з/п	Річка-Пост	F, км <sup>2</sup>	$q_{1\% \text{ розр'}}$ м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$q_{1\% \text{ факт'}}$ м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	Δ , %
33	р.Ворон-с.Ворон	10,3	5,53	4,98	11,16
34	р.Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	2,49	2,17	14,78
36	р.Таракташ-м.Судак	156	0,34	0,35	0,68
37	р.Отуз-с-мт.Щебетівка	58	0,58	0,72	19,59
38	струм.Кизилтаський-с-мт.Щебетівка	35	1,50	1,61	7,30
39	р.Су-Індол-с.Тополівка	71	1,04	0,93	11,09
40	р.Салгир-с.Сорокине	90	0,46	0,45	2,53
41	р.Салгир-с.Піонерське	261	0,31	0,49	36,36
42	р.Салгир-м.Сімферополь	321	0,23	0,35	32,38
43	р.Салгир-с.Роздільне	564	0,05	0,06	8,96
44	р.Салгир-с.Листв'яне	3540	0,01	0,01	27,16
45	р.Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	1,30	1,59	18,07
46	р.Ангара-с.Перевальне	38,3	1,43	1,59	10,15
47	р.Малий Салгир-м.Сімферополь	96	0,27	0,41	34,97
48	р.Зуя-с.Баланове	48	0,25	0,26	3,03
49	р.Бурульча-с.Межигір'я	85	0,57	0,58	2,81
51	р.Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	0,13	0,17	24,97
52	р.Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	0,04	0,07	35,40
54	р.Кучук-Карасу-с.Богате	89	0,92	1,10	16,19
					Середнє ±19,7 %

## Додаток Л.4 Перевірочні розрахунки за формулою (5.7)

№ з/п	Річка-Пост	F, км <sup>2</sup>	q <sub>1%</sub> розр', м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	q <sub>1%</sub> факт', м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	Δ , %
1	р.Альма – Кримдержзаповідник	39,7	1,09	0,94	15,9
2	р.Альма-више вдсх.Партизанське	184	1,02	1,02	0,3
3	р.Альма - с.Карагач	249	0,26	0,35	26,9
4	р.Альма-с.Красноармійське	607	0,13	0,20	34,4
5	р.Кача- с.Загірське	110	0,61	0,71	15,2
6	р.Кача- с.Баштанівка	321	0,38	0,59	36,2
7	р.Кача-с.Комсомольське	525	0,32	0,49	34,4
8	р.Стіля-с.Лісникове	8,8	1,96	1,33	47,0
9	р.Бельбек- с.Щасливе	44	0,54	0,51	5,8
10	р.Бельбек- смт.Куйбишеве	270	0,58	0,93	37,2
11	р.Бельбек- с.Фруктове	493	0,41	0,59	31,0
12	р.Манаготра-с.Щасливе	5,06	4,98	3,22	54,6
13	р.Біюк-Узеньбаш-с.Щасливе	6,55	1,69	1,15	47,0
14	р.Кучук-Узеньбаш-с.Многоріччя	10	2,08	1,32	57,4
16	р.Кокозка-с.Аромат	83,6	0,94	1,05	10,8
17	р.Чорна-с.Родниківське	47,6	2,49	2,28	9,4
18	р.Чорна-біля гори Кизил-Кая	197	0,54	0,76	29,7
19	р.Чорна- с.Чорноріченське	342	0,29	0,35	17,5
20	р.Байдарка-с.Орлине	4,5	3,89	2,61	49,0
21	р.Учан-Су-сmt.Чехове	16,8	1,67	1,37	22,3
22	р.Учан-Су-м.Ялта	28,9	2,37	2,16	9,4
23	р.Дерекойка- м.Ялта	49,7	0,61	0,62	2,5
24	р.Путамиця-м.Ялта	24,8	1,16	0,89	29,7
25	р.Авунда-сmt.Гурзуф	23	0,61	0,43	42,8
26	р.Улу-Узень-м.Алушта	64,8	0,53	0,61	13,7
27	р.Демерджі-м.Алушта	53	1,14	1,30	12,3
28	р.Куру-Узень-с.Сонячногірське	12,2	1,56	1,02	53,6
29	р.Улу-Узень- с.Сонячногірське	32,5	1,98	1,83	8,2
30	р.Ускут-с.Привітне	42,3	0,84	0,81	3,2
31	р.Арпат-с.Зеленогір'я	5,1	2,18	1,42	53,8
32	р.Шелен-с.Громівка	16,2	0,89	0,74	19,2

## Продовження додатку Л.4

№ з/п	Річка-Пост	F, км <sup>2</sup>	$q_{1\% \text{ розр'}}$ м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	$q_{1\% \text{ факт'}}$ м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )	Δ , %
33	р.Ворон-с.Ворон	10,3	7,02	4,98	41,1
34	р.Ай-Серез-с.Міжріччя	12,8	2,75	2,17	27,0
36	р.Таракташ-м.Судак	156	0,31	0,35	9,5
37	р.Отуз-с-мт.Щебетівка	58	0,70	0,72	2,3
38	струм.Кизилтаський-с-мт.Щебетівка	35	1,61	1,61	0,3
39	р.Су-Індол-с.Тополівка	71	0,85	0,93	9,1
40	р.Салгир-с.Сорокине	90	0,45	0,45	0,3
41	р.Салгир-с.Піонерське	261	0,34	0,49	30,9
42	р.Салгир-м.Сімферополь	321	0,23	0,35	34,5
43	р.Салгир-с.Роздільне	564	0,04	0,06	21,8
44	р.Салгир-с.Листв'яне	3540	0,01	0,01	30,8
45	р.Кизил-Коба-с.Червонопечерне	16,8	1,76	1,59	10,7
46	р.Ангара-с.Перевальне	38,3	1,64	1,59	3,2
47	р.Малий Салгир-м.Сімферополь	96	0,38	0,41	7,2
48	р.Зуя-с.Баланове	48	0,31	0,26	16,8
49	р.Бурульча-с.Межигір'я	85	0,54	0,58	7,4
51	р.Біюк-Карасу-м.Білогірськ	275	0,14	0,17	15,7
52	р.Біюк-Карасу-с. Зибіне	601	0,04	0,07	38,1
54	р.Кучук-Карасу-с.Богате	89	1,03	1,10	6,6
Середнє ± 22,9%					