

Тодорова О.І., Овчарук В.А.

Одеський державний екологічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФОРМУЛИ ШВИДКОСТІ РУСЛОВОГО ДОБІГАННЯ ХВИЛЬ ПАВОДКІВ В ТЕПЛІЙ ПЕРІОД РОКУ ДЛЯ РІЧОК ГІРСЬКОГО КРИМУ

Ключові слова: *максимальний стік, паводки, швидкість руслового добігання*

Вступ. Кримські річки не схожі на річки інших областей України. Їх довжини, площі водозбірних басейнів, а також об'єми стоку невеликі. Довжини практично всіх річок Криму (92,1%) менше 10 км, однак загальна їх протяжність досягає 5996 км. Влітку вони часто пересихають, але при випаданні рясних опадів перетворюються на бурхливі потоки.

Найбільш багатоводні кримські річки - Бельбек, Чорна, Біюк-Карасу і Салгир. Гідрографічна мережа досліджуваної території розвинена вкрай нерівномірно; тут можна знайти значні простори, позбавлені постійно діючих водотоків, в інших районах - добре розвинута мережа малих річок та струмків. Якщо враховувати всі річки і тимчасові водотоки, то середній коефіцієнт густоти річкової мережі в цілому для території становитиме $0,22 \text{ км/км}^2$.

Характерною особливістю є найбільший розвиток річкової мережі на висотах 600-1100 м абс., де зосереджена основна маса джерел, які дають початок струмкам і річкам. Густота річкової мережі досягає тут $0,7 \text{ км/км}^2$.

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, які регулюють поверхневий і підземний стік. Крім того, однією з особливостей річок Криму є різка деформація їх русел. Також слід відмітити, що природний режим більшості річок змінений регулюючим впливом штучних водойм та забором води на зрошення. У зв'язку з цим відзначаються відмінності у водному режимі для різних водотоків і навіть по довжині одній і тієї ж річки.

Річки гірсько-лісової зони помірного клімату [1] з весняною повинню і паводками в іншу частину року властиві західним і північним схилах гірської частини Криму. Вони течуть як на захід, впадаючи в Чорне море, так і на схід, у напрямку до Азовського моря.

По території Південного берегу Криму протікають річки гірсько-лісової зони теплого клімату [1] з паводковий режимом протягом усього року. Це дуже малі водотоки, які отримують живлення переважно під час дощів. Витрати води на Кримських річках під час паводків різко зростають. Абсолютні максимуми формуються в теплий період року при випаданні рясних дощів і можуть у 200 - 400 разів перевищувати середньорічні витрати.

При розробці методик визначення максимального стоку річок у більшості моделей одним з основних параметрів є тривалість руслового добігання, яка в свою чергу визначається через його 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 терміни (зазвичай в 8⁰⁰ і 20⁰⁰), отже піки паводків можуть взагалі бути не зареєстровані.

Аналіз досліджень і публікацій. Розробкою формул швидкостей добігання займалися багато відомих учених-гідрологів: Г.А.Алексєєв [2], А.Н.Бефані [3], Р.А.Нежіховський [4], М.Ф.Срібний [3,4], Д.Л.Соколовський [5], Н.В.Лаликин [6], А.Г.Іваненко [7], Є.Д.Гопченко [7,8,9], Б.В.Кіндюк [10,11], 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 [2].

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

а) за Р.А. Нежіховським [4]

$$B = bh^m; \quad (1)$$

та

б) за А.М. Бефані [3]

$$h = A\omega^{r_0}, \quad (2)$$

де B – ширина річки; h – максимальна глибина потоку; ω - площа поперечного перерізу; m і r_0 – параметри, чисельних значень які залежать від форми поперечного перерізу русел.

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

$$V = \frac{1}{n_p} I^x h^z, \quad (3)$$

де V - швидкість течії; I - ухил русла; h - середня глибина потоку; n_p - коефіцієнт шорсткості; x і z - деякі гідравлічні показники.

Тоді, з урахуванням (3), швидкість руслового добігання описується рівнянням виду [3,4,5,6,12]:

$$V = aQ^\alpha I^\beta, \quad (4)$$

де a - коефіцієнт, що враховує форму перетину і шорсткість русла; α і β - гідравлічні показники.

За Р.А. Нежіховським [4], с урахуванням (1) і (4), α і β дорівнюють:

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

$$\beta = \frac{0,75(m+1)}{1,5m + 2,5}, \quad (6)$$

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

За А.М. Бефані [3], спираючись на (2) і (4), α і β дорівнюють:

$$\alpha = \frac{r}{r+1}, \quad (7)$$

$$\beta = \frac{1}{2(r+1)}, \quad (8)$$

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 русла.

Свого часу, у роботі [3], авторами для річок України обґрунтовані параметри формули швидкості руслового добігання з використанням схематизації А.М.Бефані.

В даній роботі пропонується варіант розрахунку, який враховує 2 схематизації - А.М.Бефані (за глибиною потоку) та Р.А. Нежіховського (за шириною потоку).

Мета дослідження. Обґрунтування параметрів швидкості добігання хвиль підчас проходження паводків на річках Гірського Криму.

Матеріали дослідження. У довідковій літературі («Основные гидрологические характеристики», Т.6. Украина и Молдавия. Вып.4. Крым) вихідні дані по виміряним витратам води для річок Гірського Криму надані по 34 водозборах з діапазоном площ від $4,5 \text{ км}^2$ (р. Байдарка – с. Орлине) до 3540 км^2 (р. Салгир – с. Двуріччя), отже по них й виконані розрахунки представлені в роботі.

Результати дослідження та їх аналіз. Для обґрунтування регіональних параметрів розрахункової формули руслового добігання для річок Гірського Криму першим етапом є побудова залежностей виду $h = f(\omega)$ та $B = f(\omega)$ для всіх досліджуваних водозборів. Для річок Криму ці залежності виражені досить добре, з високими коефіцієнтами кореляції (рис.1- 4).

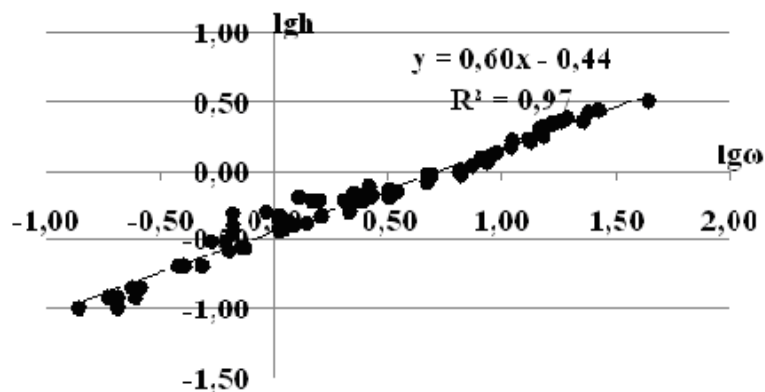


Рис. 1. Залежність між максимальною глибиною потоку і площею поперечного перерізу русла р.Салгир - с.Піонерське

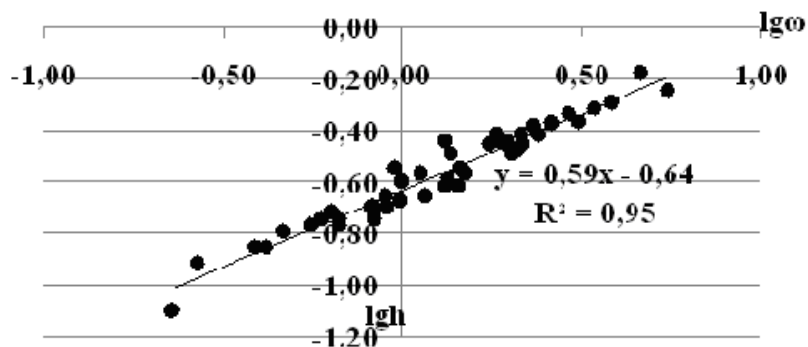


Рис. 2. Залежність між максимальною глибиною потоку і площею поперечного перерізу русла р.Кача - с.Загірське

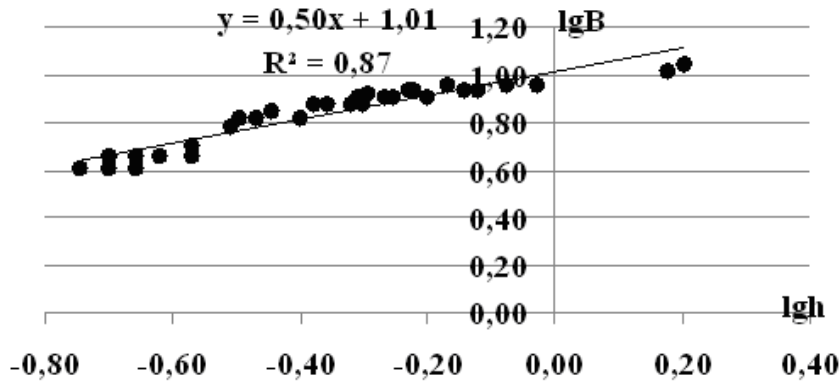


Рис. 3. Залежність між шириною річки і глибиною потоку р.Кокозка-с.Аромат

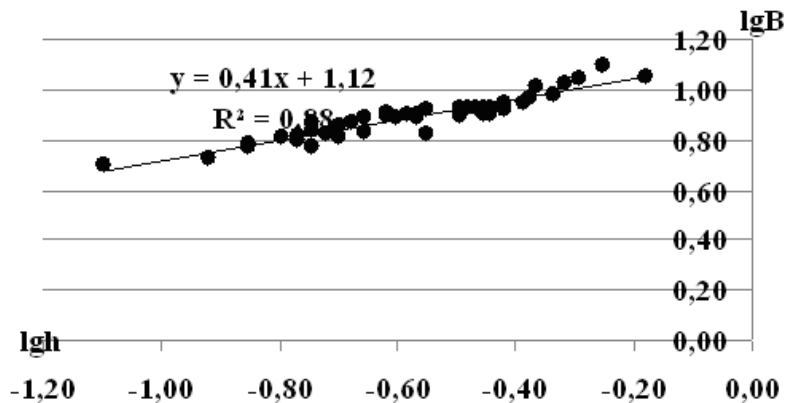


Рис. 4. Залежність між шириною річки і глибиною потоку р.Кача - с.Загірське

По цих залежностях для всіх водозборів отримані значення параметрів m і r_0 , які входять до формул (1) і (2). Перевірка на нормальність цих параметрів показала, що їх можливо осереднити по всій території на рівні $\bar{r}_0 = 0,65$ і $\bar{m} = 0,40$.

З урахуванням отриманих параметрів гідравлічні показники α і β по обох схематизаціях русел виявилися рівними 0,32 і 0,34, відповідно.

Далі, з метою обґрунтування коефіцієнту a у формулі (3), використані залежності $V_{сер} = f(Q)$, по яких були визначені критичні витрати ($Q_{кр}$) і швидкість течії ($V_{кр}$).

Знаючи $V_{кр}$, а також α і β із формули (4) для кожного посту встановлені величини швидкісних коефіцієнтів a , які також як і гідравлічні показники вдалося осереднити для всій території (на рівні 0,25). Тоді розрахункова формула набуває вигляду:

$$V_D = 0,25 Q_{кр}^{0,32} I_{ср.вз}^{0,34} \quad (9)$$

Величина $Q_{кр}$, що входить в рівняння (9), визначається формою і розмірами поперечного перерізу русел, які в свою чергу залежать від розміру водозборів. Тому з метою перетворення початкової формули, для річок досліджуваної території отримана залежність $Q_{кр} = f(F)$.

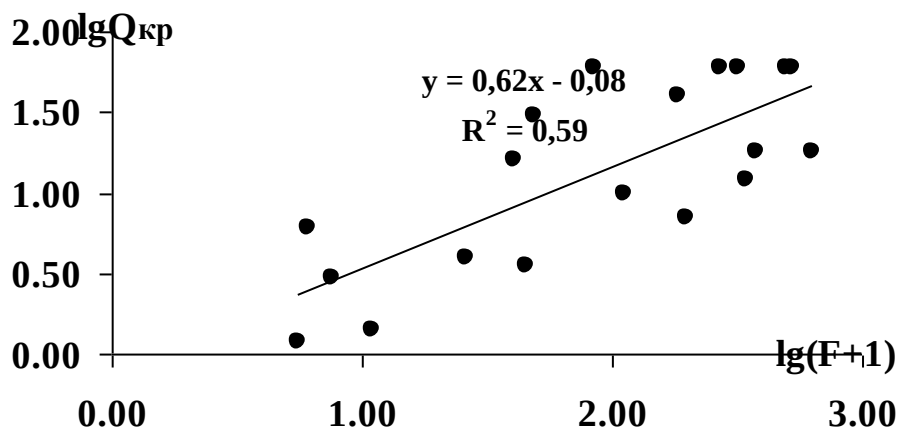


Рис. 5. Залежність критичних витрат води підчас паводків від площі водозборів для річок Гірського Криму

У результаті розрахунку формула швидкості руслового добігання для річок Гірського Криму набуває виду:

$$V_{\partial} = 0,23F^{0,18}I_{cp.вз}^{0,34}, \text{ м/с.} \quad (10)$$

Слід звернути увагу на те що в [9] розрахункова формула швидкості добігання для річок Криму має вигляд:

$$V_{\partial} = 0,32F^{0,13}I_{cp.вз}^{0,33}, \text{ м/с.} \quad (11)$$

З метою порівняння, авторами виконано розрахунок швидкості добігання по даних 56 гідрологічних постів на річках Криму за формулам (10) та (11). Як добре ілюструє рис.6, значення отримані за обома формулами добре узгоджуються між собою, але значення V_{∂} розраховані за (11) на 9% вище ніж за (10). Такі розбіжності, одного боку, знаходяться на рівні точності вимірювання швидкостей течії, а з іншого - пояснюються тим, що у формулі (11) на відмінно від формули (10) враховується лише схематизація по А.М. Бефані за глибиною потоку.

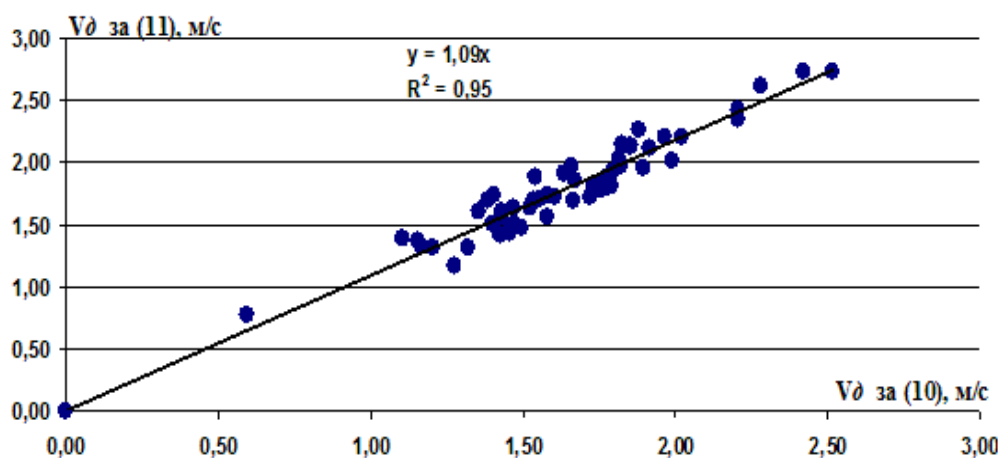


Рис. 6. Порівняння швидкостей руслового добігання отриманими за різними редакціями розрахункової формули для річок Гірського Криму

Висновки.

▪ 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 створів.

▪ Обґрунтована формула (10) може бути використана для визначення швидкості добігання невивчених річок даної території, при необхідному мінімумі вихідних даних - площа водозбору і середньозважений ухил річки.

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

Список літератури

1. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. / П.С. Кузин - Л.; Гидрометеиздат, 1960.-455с. 2. Алексеев Г.А. Паводочный сток рек СССР. / Г.А. Алексеев – М.; Гидрометеиздат, 1956.- 107 с. 3. Бефани А.Н. Основы теории ливневого стока / А.Н. Бефани // Труды ОГМИ, вып. XIV, 1958. - С.309. 4. Нежиховский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. / Р.А. Нежиховский. – Л.; Гидрометеиздат, 1971. – 473 с. 5. Соколовский Д.Л. Речной сток / Д.Л. Соколовский. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 260 с. 6. Лалыкин Н.В. О расчёте скоростей добегаания / Н.В. Лалыкин// Труды ОГМИ. - вып. XV. - 1958. – С.73-87. 7. Иваненко А.Г. Исследование скоростей добегаания паводков на реках Закарпатской области. / А.Г. Иваненко // Труды ОГМИ, 1961, вып.24, с.52-59. 8. Гопченко Е.Д. О расчёте скоростей руслового добегаания на горных реках северо-востока СССР / Е.Д. Гопченко // Метеорология, климатология и гидрология, вып.5, 1969. – с.213-218. 9. Гопченко Е.Д. Методика расчета скорости руслового добегаания на реках Украины / Е.Д. Гопченко, В.А. Овчарук // Причорноморський екологічний бюлетень, №2(24) – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ». – 2007р. – С 53-55. 10. Киндюк Б.В. Гидрографическая сеть и ливневой сток рек Украинских Карпат. / Б.В. Киндюк – Одесса, “ТЭС” – 2003 – 221с. 11. Киндюк Б.В. Розрахунок швидкостей добігання зливових паводків на річках Закарпаття / Б.В. Киндюк, В.А. Овчарук // Водне господарство України. 2005. - №3. – С.55-58. 12. Чеботарев А.И. Общая гидрология. / А.И. Чеботарев // - Л.; Гидрометеиздат, 1975. – 543 с.

Обґрунтування параметрів формули швидкості руслового добігання хвиль паводків в теплий період року для річок Гірського Криму

Тодорова О.І. , Овчарук В.А.

На основі комбінованого підходу з використанням двох схематизацій русла уточнена регіональна формула для визначення швидкості руслового добігання на річках Гірського Криму підчас проходження паводків.

Ключові слова: максимальний стік, паводки, швидкість руслового добігання

Обоснование параметров формулы скорости руслового добегаания волн паводков в теплый период года для рек Горного Крыма

Тодорова Е.И. , Овчарук В.А.

На основе комбинированного подхода с использованием двух схематизаций русла уточнена региональная формула для определения скорости руслового добегаания на реках Горного Крыма во время прохождения паводков.

Ключевые слова: максимальный сток, паводки, скорость руслового добегаания

Justification of parameters of the formula rate of channel lag in the warm season the rivers of the Crimean Mountains

Todorova E.I. , Ovcharuk V.A.

Based on a combined approach using two schematization was developing regional formula for determining the rate of channel lag on the rivers of the Crimean Mountains during the floods.

Keywords: maximal runoff, floods, rate of the channel lag.

Надійшла до редколегії 19.01.2015

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015 – Т.1(36)