УДК 556.166

Живиця В. А., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ МАЛИХ ГІРСЬКИХ РІЧОК ЗАКАРПАТТЯ ЗА ВІДСУТНОСТІ ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Розглянуті існуючі методики розрахунку максимальних витрат річок і визначені найбільш прийнятні для малих гірських річок Закарпаття.
Ключові слова: **визначення, максимальні витрати, гірські річки.**

Великих збитків населенню, господарству та навколишньому середовищу Закарпатської області наносять паводки. За період 1946-2001 рр. на річках басейну р. Тиса пройшло 150 паводків різної інтенсивності, в тому числі катастрофічні паводки 1998 і 2001 рр., які встановили історичні максимуми. Формування паводків відбувається в процесі складної взаємодії ряду факторів, основними з яких є гідрометеорологічної умови та характер поверхні річкових водозборів.

Паводки формуються в будь-який час року і можуть бути зливового, снігового або змішаного походження. За даними спостережень водомірних постів на теплий період року (травень – жовтень) припадає біля 65% загальної кількості паводків і 35% припадає на холодний період (листопад – квітень). Однак за величиною максимальної витрати і об'єму стоку паводки холодного періоду, як правило, переважають паводки теплого.

Характерною особливістю Карпат та прилеглих до них передгірських районів є дуже велика розгалуженість річкової мережі. Середня густота річкової мережі становить 1,4 км/км^2, а в деяких районах вона досягає 2,5 км/км^2.

Це означає, що через 400 м на території протікає струмок або мала ріка. До малих можна віднести річки з водозбірною площею не більше 200 км^2. Малі річки під час паводків в десятки разів збільшують свій стік і суттєво впливають на формування паводкового стоку головних річок Закарпаття. Вони знаходяться, як правило, в гірських і малодоступних районах, тому спостереження за їх стоком не проводять.

На даний час в Закарпатті діє 34 водомірні пости, які розміщені в основному на великих і середніх річках. В зв'язку з великим обсягом

робіт з проектування та будівництва протипаводкових споруд згідно «Програми комплексного протипаводкового захисту в басейні р. Тиса у Закарпатській області на 2002 – 2006 роки та прогноз до 2015 року» є необхідність визначення максимальних витрат малих гірських річок, які не охоплені мережею водомірних постів.

За відсутності даних гідрометричний спостережень максимальну витрату річок можна визначити за розрахунковими формулами або за методом аналогії. Розглянемо розрахункові формули для визначення максимальних витрат розрахункової забезпеченості в період дощових паводків (теплий період) і весняних паводків (холодний період). За розрахункову прийнята витрата 1% забезпеченості.

Всі розрахункові формули для визначення максимальних витрат дощових паводків за характером і змістом можна поділити на:

1) формули, які враховують максимальну інтенсивність дощу та час добігання (формула Г.О. Алексєєва);

2) «об'ємні» формули, в яких максимальна витрата пов'язана з об'ємом і формою паводку (формула Д.Л. Соколовського);

3) редукційні формули, які враховують зміну максимальних модулів стоку залежно від площі водозабору або часу добігання та інтенсивність дощу (формула А.В. Огієвського);

4) формули, що ґрунтуються на гідромеханічній теорії поверхневого стікання (формули А.М. Бефані).

Основні розрахункові формули для визначення максимального дощового стоку наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Формули для визначення максимальних витрат дощових паводків

№ фор.	Автор (розробник)	Формула
1	Алексєєв Г. О.	$Q_{\max p} = 16.67 \cdot H_{cp} \cdot \psi(\tau) \cdot F \cdot \phi \cdot r, м^3/с$
2	Соколовський Д. Л.	$Q_{\max} = \frac{0.28 \cdot (H_T - H_O) \cdot \alpha \cdot F}{t_n} \cdot f \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 + Q_{гр}, м^3/с$
3	Вишневський П. Ф.	$Q_{\max} = 1.67 \cdot F \cdot h_{\max \cdot} \cdot \phi \cdot n \cdot r \cdot r_1 \cdot k_1 \cdot \lambda, м^3/с$
4	Бефані А. М.	$q_{\max} = k_f \cdot \delta \cdot q_{сх}, м^3/с \cdot км^2$ $Q_{\max} = (\frac{k_F \cdot F}{L} \cdot k_2 \cdot B_{P \cdot} \cdot Y_{\max})^{4/3} \cdot l^{1/3}, м^3/с$
5	СНиП 2.01.14-83	$Q_P = q_{1\%} \cdot \phi \cdot H_{1\%} \cdot \delta \cdot \lambda_P \cdot F, м^3/с$ при F ≤ 50…200 км^2
6	СНиП 2.01.14-83	$Q_P = q_{200} \cdot (\frac{200}{F})^n \cdot \delta \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 \cdot \lambda_P \cdot F, м^3/с$ при F>200 км^2

В формулах (1) … (8) прийняті наступні позначення: F – площа водозбору, км^2. В формулі (1): $H_{ср}$ – добовий шар опадів, мм; $\Psi(\tau)$ – ордината кривої редукції інтенсивності опадів; φ – безрозмірний збірний коефіцієнт; r – коефіцієнт, що враховує вплив озер і ставків;

В формулі (2): H_m – кількість опадів за розрахункову зливу, мм; H_o – початковий шар опадів, при якому починається стік, мм; t_n – тривалість підйому паводка, год.; α – коефіцієнт стоку; f – коефіцієнт форми гідрографа; δ_1, δ_2, δ_3 – коефіцієнти, що враховують вплив відповідно озер, лісів, заплави; $Q_{гр}$ – ґрунтове живлення, м^3/с.

В формулі (3): h_{max} – максимальна водовіддача зливового стоку, мм/10хв; φ – коефіцієнт редукції модуля максимального стоку; n – коефіцієнт впливу залісеності і заболоченості басейну; r і r_1 – коефіцієнти, що враховують зарегульованість стоку відповідно ставками і заплавою; k_1 – коефіцієнт, що враховує неповне зрошення зливою площі водозбору; λ – коефіцієнт забезпеченості.

В формулі (4): k_f – коефіцієнт редукції водоутворення; δ – коефіцієнт руслової трансформації; $q_{сх}$ – максимальний модуль схилового стоку, м^3/с км^2; L – довжина водотоку, км; y_{max} – максимальний одноразовий шар схилового стоку, мм; k_2 – гідрографічний коефіцієнт; B_p – параметри швидкості; I – середній похил русла.

В формулі (5): $q_{1\%}$ – максимальний модуль стоку; $H_{1\%}$ – максимальний добовий шар опадів, мм; φ – збірний коефіцієнт стоку; δ – коефіцієнт, що враховує зниження витрати проточними озерами; λ_p – перехідний коефіцієнт від 1% до іншої забезпеченості.

В формулі (6): q_{200} – модуль максимальної витрати, м^3/с км^2; n – показник ступеня редукції модуля максимальної витрати; δ і δ_2 – коефіцієнти, що враховують зниження максимальної витрати відповідно проточними озерами і заболоченістю водозбору; δ_3 – коефіцієнт, що враховує зміну q_{200} із зміною середньої висоти водозбору; λ_p – перехідний коефіцієнт від 1% до іншої забезпеченості.

Розрахункові формули для визначення максимальної витрати весняного паводку побудовані на даних багаторічних спостережень на водомірному посту України і враховують основні чинники максимального стоку. Це формула В.І. Мокляка і формула, що рекомендована будівельними нормами і правилами (табл. 2).

В формулі (7) прийняті наступні позначення: Q_{max} – максимальна інтенсивність водовіддачі, мм/год.; φ – коефіцієнт редукції модуля максимального стоку; ρ – коефіцієнт для врахування впливу залісеності, заболоченості та неодночасності віддачі стоку з басейну; r – коефіцієнт, що враховує вплив водосховищ; λ – перехідний коефіцієнт від 1%

до іншої забезпеченості.

Таблиця 2

Формули для визначення максимальної витрати весняного паводку

№ фор.	Автор (розробник)	Формула
7	Мокляк В. І.	$Q_{\max p} = 0.278 \cdot a_{\max} \cdot \varphi \cdot F \cdot \rho \cdot r \cdot \lambda, м^3/с$
8	СНиП 2.01.14-83	$Q_{\max} = \frac{k_0 \cdot h_P \cdot \mu}{(F+b)^n} \cdot F \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3, м^3/с$

В формулі (8): k_o – параметр, що враховує дружність паводку; h_p – розрахунковий шар сумарного весняного стоку, мм; b – додаткова площа, км^2; n – показник ступеня редукції; μ – коефіцієнт, що враховує нерівність статистичних параметрів шару стоку і максимальних витрат; δ, δ_1, δ_2, δ_3 – коефіцієнти, що враховують вплив відповідно водосховищ, ставків і проточних озер, лісистості, заболоченості басейну, агротехнічних заходів на водозборі.

Враховуючи насиченість території Закарпатської області водомірними постами з діапазоном водозборів від 25 до 10000 км^2, максимальні витрати можна також визначати методом аналогії за редукційними формулами, що наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Формули для визначення максимальних витрат за методом аналогії

№ фор.	Автор (розробник)	Формула
9	СНип 2.01.14-83 (УкрНДІ гідрометеорології)	$Q_{\max} = q_{p.a} \cdot \frac{\delta \cdot \delta_2}{\delta_a \cdot \delta_{2a}} \cdot (F_a / F)^n \cdot F, м^3/с$
10	УкрНДІ гідрометеорології	$Q_{\max} = q_{1\%} \cdot (F_a / F)^n \cdot \lambda_{\%} \cdot F, м^3/с$

В формулі (9) прийняті наступні позначення: $q_{p.a}$ – модуль максимальної миттєвої витрати річки-аналога, м^3/с км^2; δ, δ_a – коефіцієнти, що враховують зниження максимальної витрати проточними озерами відповідно для досліджуваної річки і річки-аналога; δ_2, δ_{2a} – коефіцієнти, що враховують зниження максимальної витрати внаслідок заболоченості водозбору відповідно для досліджуваної річки і річки-аналога; F, F_a – площа водозбору відповідно для досліджуваної річки і річки-аналога, км^2; n – коефіцієнт редукції модуля максимальної витрати.

В формулі (10): $q_{1\%}$ – модуль максимальної витрати 1% забезпеченості, м^3/с км^2; F, F_a – площа водозбору відповідно досліджуваної річ-

ки і річки-аналога, км^2; n – коефіцієнт редукції модуля максимальної витрати залежно від площі водозбору; $\lambda_{\%}$ – коефіцієнт переходу від максимальної витрати 1% до витрати іншої забезпеченості.

За формулами (1)…(8) були визначені максимальні витрати дощового і весняного паводків гірської річки Чорна Тиса в створі смт Ясіня. При проведенні розрахунків були використані гідрологічні, гідрографічні характеристики р. Чорна Тиса та водозбору за даними водомірного посту р. Чорна Тиса – смт Ясіня.

Річка Чорна Тиса є притокою р. Тиса. Свій початок бере з джерела у підніжжя гори Свідовець на висоті 1400 м над рівнем моря. Зливається з р. Біла Тиса біля м. Рахів на висоті 450 м і утворює р. Тиса. Довжина р. Чорна Тиса становить 49 км, площа водозабору 567 км^2, середній похил водної поверхні 19 м/км. За всіма характеристиками верхню частину р. Чорна Тиса можна віднести до типової малої гірської річки Закарпаття.

Водомірний пост р. Чорна Тиса – смт Ясіня існує з 1956 року, період спостережень – 52 роки. Гідрологічна характеристика р. Чорна Тиса наведена в табл.4.

Таблиця 4

Гідрологічна характеристика р. Чорна Тиса

Річка-гідропост	Площа водозбору,	Середня багаторічна витрата,	Максимальні витрати, забезпеченістю					
			Теплий період			Холодний період		
			1%	5%	10%	1%	5%	10%
Чорна Тиса – смт Ясіня	194	4,8	276	148	106	215	123	92

За формулами (9),(10) були визначені максимальні витрати дощового і весняного паводків р. Чорна Тиса в створі смт Ясіня за методом аналогії. За річку-аналог прийнята мала гірська ріка Біла Тиса в створі водомірного посту с. Луги з водозбірною площею 189 км^2 та максимальними витратами 1% забезпеченості в теплий період 267 м^3/с і 108 м^3/с в холодний період.

Результати розрахунків за формулами (1)…(10), а також порівняння розрахункових витрат з фактичними витратами по водомірному посту р. Чорна Тиса – смт Ясіня, наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Максимальні витрати 1% забезпеченості р. Чорна Тиса в створі смт Ясіня

№ Формули	Автор (розробник)	Дощові паводки теплого періоду				Весняні паводки холодного періоду			
		Витрата, $м^3/с$		Похибка		Витрата, $м^3/с$		Похибка	
		розрахункова	фактична	абсолютна, %	відносна, %	розрахункова	фактична	абсолютна, %	відносна, %
1	Г. О. Алексєєв	не визн.	276	-	-	-	-	-	-
2	Д.Л.Соколовський	218	276	58	21,0	-	-	-	-
3	А. М. Бефані	не визн.	276	-	-	-	-	-	-
4	П.Ф.Вишневський	192	276	84	30,4	-	-	-	-
5	СНиП 2.01.14-83	277	276	1	0,4	-	-	-	-
6	СНиП 2.01.14-83	294	276	18	6,5	-	-	-	-
7	В. І. Мокляк	-	-	-	-	101	215	114	53,0
8	СНиП 2.01.14-83	-	-	-	-	318	215	103	47,4
9	СНип 2.01.14-83 (УкрНДІ гідрометеорології)	271	276	5	1,8	110	215	105	48,8
10	УкрНДІ гідрометеорології	271	276	5	1,8	110	215	105	48,8

Аналіз наведених розрахунків показує, що формули (7)…(10) по визначенню максимальних витрат весняного паводку дають похибку 48…53% і не можуть бути рекомендовані для практичного застосування. Необхідно зауважити, що при малих площах водозабору максимальні витрати теплого періоду перевищують максимальні витрати холодного періоду, що підтверджується наведеними даними по водомірним постам р. Чорна Тиса – смт Ясіня і р. Біла Тиса – с. Луги.

Враховуючи також те, що в умовах Закарпаття весняні паводки носять змішаний характер і формулюються перш за все за рахунок дощової складової, яка становить 80% від об'єму стоку, за розрахункову слід приймати максимальну витрату дощових паводків.

Не були визначені максимальні витрати дощових паводків за формулами (1) і (3). Розрахунки за формулою (1) потребують додаткових даних гідрометеостанцій та стокових пунктів даного фізико-географічного району, що робить використання даної методики проблематичною для практичного застосування.

Формула (3) є типовою регіональною формулою для півдня України, до якого розроблені всі складові параметри. Тому не може бути застосована для гірських річок Закарпаття.

Формули (2) і (4) дають похибку 21…34%. Їх можна використовувати для визначення максимальних витрат дощових паводків за умови наявності більш детальних вихідних даних.

Формули (5) і (6) дозволяють найбільш точно визначити максимальні витрати дощових паводків (похибка 0,4…6,5%) і можуть бути рекомендовані для визначення максимальних витрат малих гірських річок Закарпаття.

Найбільш простим і одночасно точним (похибка 1,8%) є метод аналогії з використанням формул (9) і (10) для визначення максимальних витрат дощових паводків. Формула (10) краще враховує специфіку малих гірських річок.

Таким чином, при визначенні максимальних витрат малих гірських річок Закарпаття з площею водозбору до 200 км^2 за відсутності даних спостережень розрахунки рекомендується проводити за формулою (10), якщо є річка-аналог, або за формулою (5), якщо річка-аналог відсутня.

1. Програма комплексного протипаводкового захисту в басейні р. Тиса у Закарпатській області на 2002-2006 роки та прогноз до 2015 року. Постанова Кабінету Міністрів України від 24.10.01 № 1388. **2**. Справочник по водним ресурсам / под ред. Б. И. Стрельца. – Киев : Урожай, 1987. – 304 с. **3.** СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М., 1985. – 36 с.

4. Яцик А. В. Водогосподарська екологія. – К. : Генеза, 2004. – Т. 2, кн. 3-4. – 384 с.

Рецензент: д. т. н., професор Рокочинський А. М. (НУВГП)

Zhyvytsia V. A., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

THE MAXIMUM FLOW DETERMINATION OF THE SMALL ZAKARPATTIA MOUNTAIN STREAMS WITHOUT OBSERVED DATA

The existing methods of calculating the maximum flow of the small mountain streams of Zakarpattia are reviewed and the most favorable are determined.
Keywords: **determination, the maximum flow, mountain rivers.**

Живица В. А., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ МАЛЫХ ГОРНЫХ РЕК ЗАКАРПАТЬЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Рассмотрены существующие методики определения максимальных расходов рек и определены наиболее приемлемые для малых горных рек Закарпатья.
Ключевые слова: **определение, максимальные расходы, горные реки.**