

УДК 556.531.4

Є.Д. Гопченко, д.г.н., Катинська І.В.

Одеський державний екологічний університет

НОРМИ РІЧНОГО СТОКУ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТТЯ

В статті узагальнюються норми річного стоку на території Закарпаття.

Ключові слова: норма стоку, річкові водозбори, однорідність часових рядів.

Вступ. Норма стоку відноситься до фундаментальних характеристик водних ресурсів тієї чи іншої території. У межах рівнинної Європейської території вона підпорядкована широтній закономірності, яка порушується значною мірою наявністю на водозборах залісеності, заболоченості, карсту, водойм руслового типу (озер, водосховищ, ставків). Зональність у просторовому розподілі норм річного стоку зумовлюється комплексом кліматичних факторів (опадями, температурами повітря, випаровуванням з поверхні водозборів і водойм й ін.)

Більш складними виявляються умови формування стоку у гірських районах, до яких відноситься й Закарпаття. Широтна закономірність тут змінюється висотною поясністю і це стосується не лише опадів і температур повітря (як головних чинників водоутворення), але й характеристик ґрунтово-рослинного покриву річкових водозборів.

Досліджувана територія знаходиться у лісостеповій і степовій зонах Карпатських гірських утворень. Найбільшою річкою Закарпаття є р. Тиса, переважно права частина басейну, яка утворюється злиттям р. Чорна Тиса і р. Біла Тиса з витоком на висоті 1400 м над рівнем моря [1]. По території України р. Тиса протікає головним чином в західному напрямку, частково по кордону з Угорщиною та Румунією.

Найбільша кількість опадів випадає у східній частині території (більш ніж 1500 мм в рік у верхів'ях річок Тересва і Теребля). З просуванням до низини їх величина зменшується до 700-800 мм. В цілому більш зволженими є західні схили.

Вивченість річного стоку у Закарпатті. Мережа гідрологічних постів, на яких здійснюються систематичні дослідження режиму річок у Закарпатті, у часі не була постійною. Ще у 1975 році в межах Закарпатської області було більше 70 гідрологічних постів, з них залишились лише головні, а інші – закриті. Важливо відзначити, що з 1975 року працює й водно-балансова станція, до складу якої входить 19 водозборів з площами від 0,28 км² (стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я) до 550 км² (р. Ріка – смт Міжгір'я). Наявність водно-балансової станції суттєво покращує можливості встановлення закономірностей формування річного стоку на невеликих водозборах, оскільки зазвичай стаціонарні спостереження організуються, як правило, на середніх і великих за розмірами річках.

Найбільш ґрунтовні дослідження річного стоку у Закарпатті відносяться до 1965 року. Їх результати опубліковані в [1]. Але вони відрізняються досить суттєвими протиріччями. З одного боку, норми стоку були картовані, що передбачає географічну закономірність у розподілі цих величин за територією. Ізолінії проведені через 10 л/(с.км²) і змінюються від 10 до 30 л/(с.км²). З іншого боку, у тій же самій довідковій монографії надається районування території за залежностями норм стоку від висотного положення водозборів (всього виділено 3 райони). Вважаємо, що такий науково-методичний підхід щодо просторового узагальнення стокових характеристик не досить коректний, бо районування і географічна зональність є альтернативними варіантами просторових узагальнень. У нормативному документі СНіП 2.01.14-83 [2] передбачається середнє багаторічне значення річного стоку гірських річок

встановлювати за регіональними залежностями модулів стоку \bar{q} від середньої висоти водозборів H_e . Координати цієї залежності для Закарпаття наводяться у табл. 1

Таблиця 1 – Координати залежності $\bar{q} = f(H_e)$

$H_e, \text{м}$	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
$\bar{q}, \text{л/(с.км}^2\text{)}$	5,1	8,7	12,3	15,9	19,4	23,0	26,6	30,2	33,7	40,8

Враховуючи, що у СНіП 2.01.14-83 узагальнені матеріали спостереження лише до 1975 року, вельми актуальним є уточнення норм річного стоку на сучасних даних мережі гідрологічних постів.

Вихідні матеріали по річному стоку. Вони охоплюють період з початку спостережень і по 2008 рік, включно. Часові ряди по 34 річкових водозборах становлять від 12 (р. Брустуранка – с. Лопухів) до 55 років (р. Латориця – м. Мукачеве), діапазон водозбірних площ – від 0,28 (стр. Глибокий Яр – смт Міжгір'я) до 9140 км² (р. Тиса – смт Вілок), а висот – від 300 (р. Стара – с. Зняцєве) до 1200 м (р. Біла Тиса – м. Луги). Середня квадратична похибка при обчисленні багатолітніх норм річного стоку знаходиться на рівні 4,6 %.

Визначення норм річного стоку у Закарпатті. Приступаючи до визначення норм річного стоку, необхідно переконатись у стаціонарності часових рядів і їх репрезентативності з точки зору наявності багатоводних і маловодних періодів. Ці обставини є досить актуальними, оскільки на думку спеціалістів-кліматологів в останні десятиліття спостерігаються направлені коливання глобального клімату, що може відповідним чином відобразитись і на характеристиках водних ресурсів, зокрема, у Закарпатті.

Для з'ясування поставлених питань по всіх гідрологічних постах були побудовані хронологічні графіки модулів річного стоку, згладжені за допомогою лінійного фільтра з періодом осереднення $T = 3$ роки. На їх основі встановлені розрахункові тривалості для обчислення норм річного стоку, які враховували однакову кількість багатоводних і маловодних фаз. Результати наведені у табл. 2. Оскільки циклічність в рядах стокових величин розрізняється тривалістю і глибиною окремих фаз водності, середні багаторічні значення річного стоку були також обчислені і на основі аналізу різницевих

інтегральних кривих модульних коефіцієнтів $\sum_{i=1}^n (k_i - 1) = f(t)$. Визначені по повних

циклах коливань водності середні значення модулів \bar{q} також наведені у табл. 2. Для порівняння середніх арифметичних за період спостережень величин \bar{q} , з одного боку, а розрахованих норм річного стоку (встановлених за допомогою хронологічних графіків і різницевих інтегральних кривих), з іншого, побудовані відповідні залежності вигляду

$$\bar{q} = k \bar{q}_i, \quad (1)$$

де \bar{q} – норма річного стоку, розрахована з використанням методики різницевих інтегральних кривих;

k – коефіцієнт регресії;

\bar{q}_i – середні багаторічні величини стоку, розраховані без аналізу циклічності \bar{q}_1 і при встановленні циклічності по хронологічних графіках модулів річного стоку \bar{q}_2 .

Таблиця 2 – Норми річного стоку, обчислені різними методами

№ пп	Ріка-пост	F , км ²	H_B , м	Середній багаторічний модуль стоку, л/(с км ²)		
				середнє арифм.	за інтегр. різниці. крив.	за згладж. граф. стоку
1	3	4	5	6	7	8
1	р. Боржава – с. Довге	408	620	27,99	28,53	28,75
2	р. Боржава – с. Шаланки	1100	470	19,10	19,43	19,13
3	р. Брустуранка – с. Лопухів	257	1100	37,16	37,94	39,81
4	р. Веча – с. Неліпино	241	760	28,84	28,84	29,59
5	стр. Гл. Яр – сmt Міжгір'я	0,28	550	8,89	8,89	9,29
6	стр. Йойковець – сmt Міжгір'я	0,39	630	17,69	17,69	18,90
7	р. Косовська – с. Косовська Поляна	122	1060	39,84	40,08	39,43
8	р.Латориця – м. Мукачеве	1360	570	19,45	19,45	19,61
9	р. Латориця – с. Підполоззя	324	720	30,46	30,77	29,94
10	р. Латориця – м. Свалява	680	700	21,87	21,87	21,99
11	р. Латориця – м. Чоп	2870	310	13,03	13,03	13,09
12	р. Лопушна – с. Лопушне	37,3	897	26,27	26,27	28,15
13	р. Лужанка – с. Нересниця.	149	770	31,88	32,01	32,42
14	р. Люта – с. Черногорова	169	700	25,98	26,27	26,39
15	р. Мокранка – с. Руська Мокра	214	1100	38,93	39,21	40,47
16	р. Пилипець – с. Пилипець	44,2	820	34,16	34,16	34,62
17	р. Репінка – с. Репіно	203	780	30,54	30,54	28,42
18	р.Ріка – сmt Міжгір'я	550	800	25,16	25,25	25,16
19	р. Ріка – м. Хуст	1130	680	41,98	41,50	39,75
20	р. Стара – с. Зняцеве	224	300	10,63	10,71	10,85
21	р. Тересва – с. Колочава	369	1000	40,00	40,00	39,21
22	р. Тересва – сmt Дубове	757	1000	34,48	34,48	38,28
23	р. Тересва – с. Нересниця	1100	930	32,31	32,31	34,65
24	р. Тересва – сmt Усть-Чорна	572	1100	34,07	34,07	36,08

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
25	р. Тиса – смт Вілок	9140	–	23,02	23,29	23,70
26	р. Біла Тиса – м. Луги	189	1200	27,20	27,20	27,51
27	р. Тиса – м. Рахів	1070	1100	24,22	24,59	24,27
28	р. Тиса – м. Тячів	6470	–	21,70	21,92	21,57
29	р. Тиса – м. Хуст	7690	870	21,88	22,10	22,06
31	р. Тур'я – с. Сімер	464	540	19,53	19,53	19,50
32	р. Уж – с. Жорнава	286	670	23,39	23,29	23,43
33	р. Уж – с. Зарічеве	1280	560	16,77	16,53	16,45
34	р. Уж – м. Ужгород	1970	530	14,66	14,83	14,73

Виявилось, що коефіцієнти регресії в обох випадках майже дорівнюють одиниці при коефіцієнті кореляції часткових залежностей $r \approx 1,0$.

Викладене свідчить про те, що в умовах Закарпаття норми стоку по рядах спостережень до 2008 року можуть обчислюватись без урахування характеру багаторічних коливань.

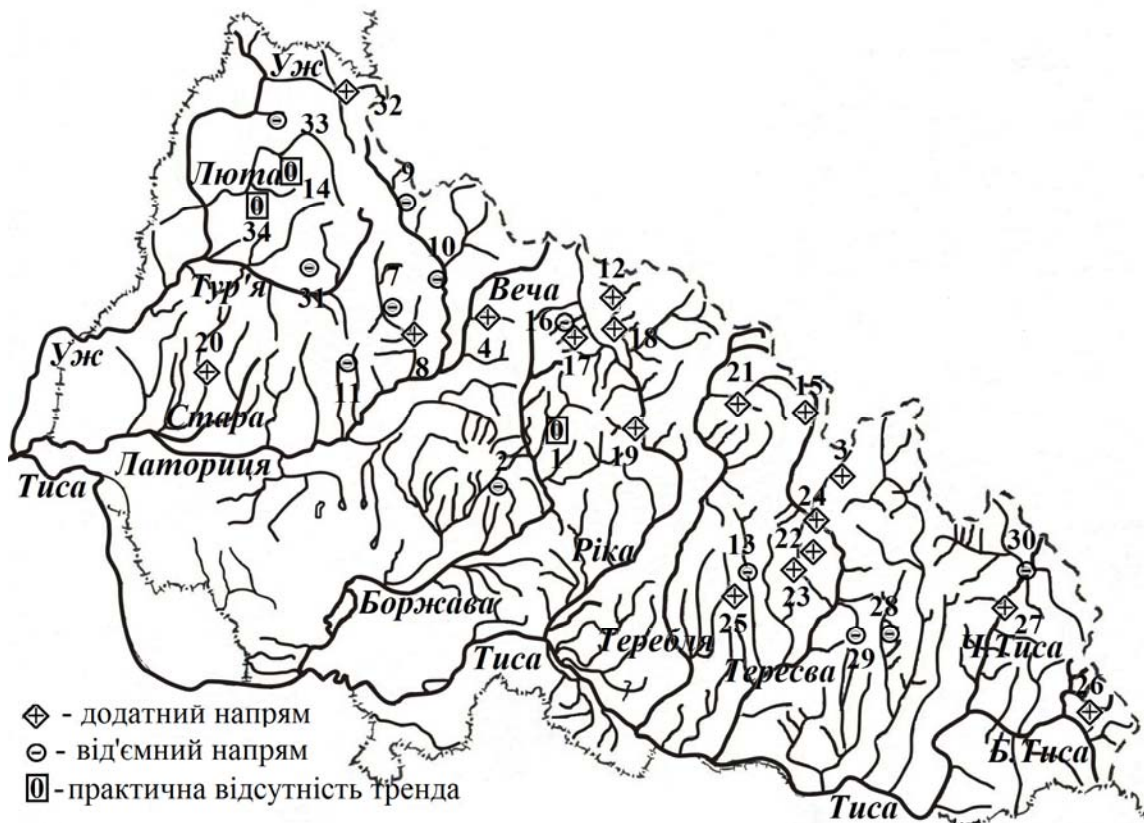


Рис. 1 – Тренди коливання водності

Для більш повної оцінки особливостей багаторічних коливань стоку часові ряди були досліджені на однорідність і на наявність трендів коливань водності. Однорідність рядів перевірялась за допомогою критеріїв Ст'юдента і Фішера [3]. По всіх рядах стаціонарність не порушена. Про це свідчить і відсутність значущих трендів коливання

водності. На рис. 1 показані позначки трендів («+» – додатний напрям, «-» – від’ємний напрям, «0» – практична відсутність тренда), які не утворюють якоїсь просторової закономірності часової змінності річного стоку на території Закарпаття.

Просторове узагальнення норм річного стоку. Раніше йшлося про те, що на рівнинних територіях мають місце широтні закономірності, тоді як в гірських районах – висотна поясність. Крім того, слід взяти до уваги, що і в тому, і в іншому випадках на стокові величини можуть впливати місцеві фактори: залісненість, заболоченість, карстові явища.

Враховуючи гірські умови регіону, на першому етапі була побудована залежність норм стоку \bar{q} від висотного положення водозборів H_g . Використані дані по 34 річкових водозборах (табл. 2) з площами від 0,28 км² до 9140 км² і висотами від 300 м до 1200 м. Як видно з рис. 2, незважаючи на суттєвий розкид точок, прослідковується тенденція до збільшення модулів річного стоку \bar{q} залежно від середньої висоти водозборів. Описується вона рівнянням

$$\bar{q} = 0,027(H_g - 1000) + \bar{q}_{1000}, \quad r = 0,72, \quad (2)$$

де \bar{q}_{1000} – норма річного стоку, приведена до умовної висоти $H_g = 1000$ м;
 r – коефіцієнт кореляції.

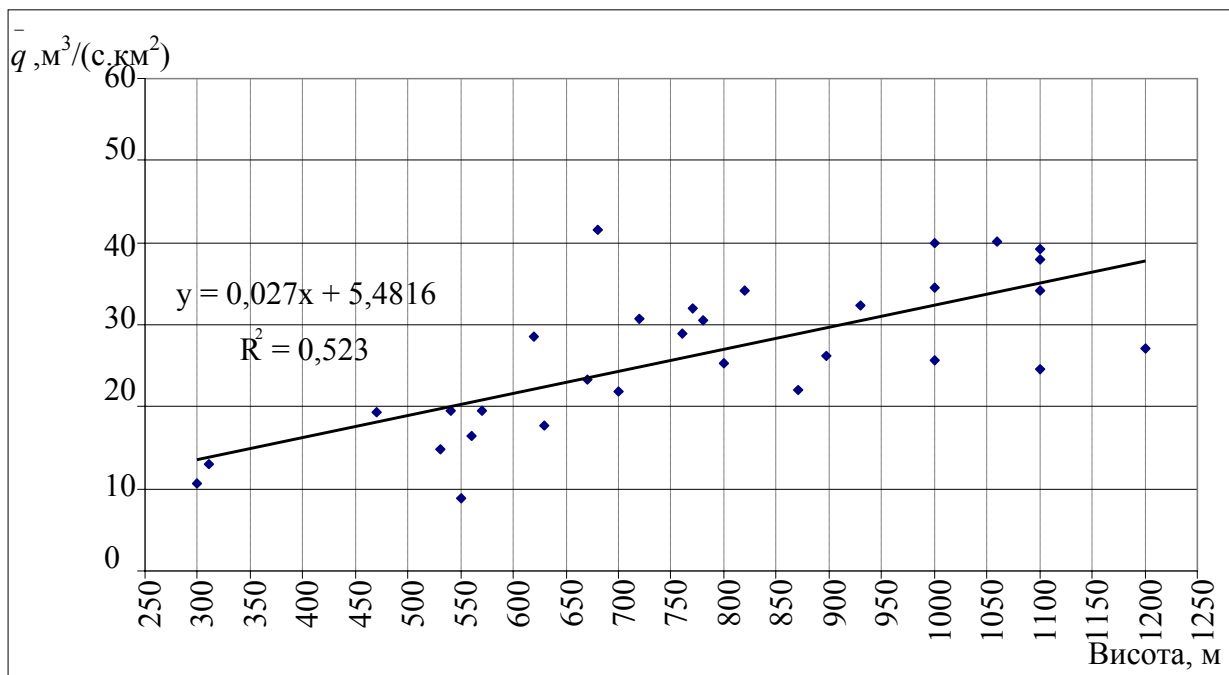


Рис. 2 – Залежність між нормами річного стоку і висотним положенням водозборів

Коефіцієнт кореляції r є значущим. З (2) можна записати рівняння для коефіцієнта впливу висотного положення водозборів на норму річного стоку у Закарпатті

$$k_{H\Gamma} = 1 + 0,83 \times 10^{-3} (H - 1000). \quad (3)$$

За допомогою (3) усі вихідні дані \bar{q} (табл. 2) можна привести до умовної висоти водозборів $H_e = 1000\text{м}$, тобто

$$\bar{q}_{1000} = \bar{q}/k_H . \quad (4)$$

У подальшому досліджується вплив на \bar{q}_{1000} географічного положення водозборів. За кількісну характеристику бралась широта геометричних центрів водозборів φ° півн.ш. Залежність свідчить про поступове зменшення \bar{q}_{1000} при збільшенні φ° півн.ш.

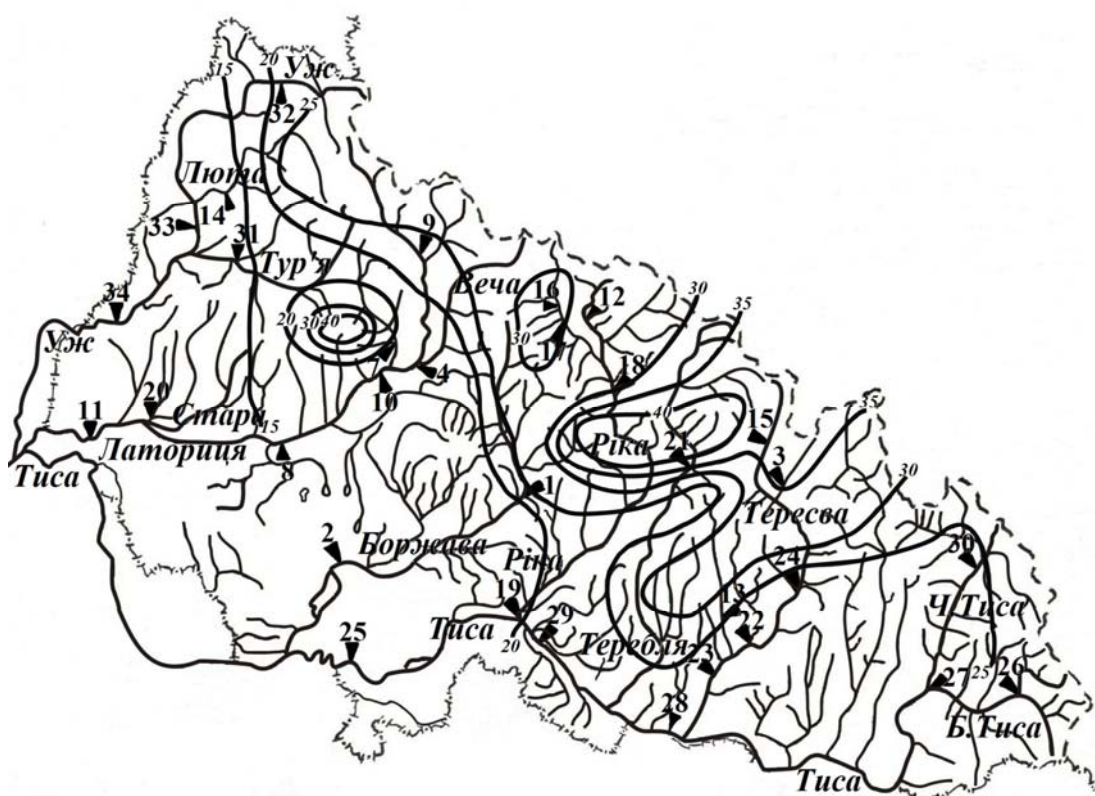


Рис. 3 – Розподіл норми річного стоку на території Закарпаття, л/(с.км²).

При побудуванні карти норми стоку (рис. 3) використані дані по водозборах з площами більшими за 20 км². Ізолінії проведені через 5-10 л/(с.км²). В цілому норми змінюються від 15 (у північно-західній частині) до 30-40 л/(с.км²) – у міжріччі Тур'я – Латориця і Ріка – Теробля – Тересва. На водозборах з площами $F < 20$ км² норми стоку відрізняються від зональних величин (в бік від'ємних значень). Для таких водозборів запропоновані відповідні поправкові коефіцієнти k_F (табл. 3)

Таблиця 3 – Перехідні коефіцієнти від зонального стоку на невеликих водозборах

F , км ²	0	2	5	10	15	≥ 20
k_F	0,43	0,64	0,77	0,88	0,95	1,0

За відсутності спостережень за гідрологічним режимом річок або їх недостатності норма стоку визначається за виразом

$$\bar{q} = \bar{q}_{H_B=1000} k_H k_F, \quad (5)$$

де $\bar{q}_{H_B=1000}$ – значення норми стоку, приведеної до $H_B = 1000$, які знімаються з карти для геометричних центрів водозборів;

k_H – коефіцієнт впливу на норму стоку висотного положення водозборів;

k_F – поправковий коефіцієнт на малих водозборах ($F < 20$ км²)

Висновки. Аналіз часових рядів річного стоку на території Закарпаття свідчить про їх стаціонарність і однорідність впродовж наявних спостережень (станом на 1 січня 2009 року). Обчислені норми річного стоку змінюються у широких межах – від 8,89 л/(с.км²) до 41,5 л/(с.км²). Виявлена залежність норм стоку від висотного положення водозборів, а при $F < 20$ км² – і від їх розмірів.

Отримані узагальнення норм річного стоку сприяють уточненню їх розрахунку на території Закарпаття.

Список літератури

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6 выпуск 1. Западная Украина и Молдавия. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 884 С.
2. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 447 С.
3. Рожественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 423 С.

Нормы годового стока на территории Закарпаття. Гопченко Е.Д., Катинская И.В.

В статье обобщаются нормы годового стока на территории Закарпаття.

Ключевые слова: норма стока, речные водосборы, однородность временных рядов.

Norms of annual flow on territory of Zakarpat'ya. Gopchenko E., Katynska I.

In the article the norms of annual flow are summarized on territory of Zakarpat'ya.

Keywords: norm of flow, river catchments, homogeneity of temporal rows.