

Список литературы:

1. Агрокліматичний довідник по території України./За ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбиди, А. Л. Прокопенко. – Кам'янець-Подільськ: 2011. – 107 с.
2. Нетіс І. Т. Пшениця озима на Півдні України: Монографія. – Х.: Олдіплюс, 2011. – 352 с.
3. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України./За ред. С. М. Степаненко, А. М. Польового. – Одеса: Екологія. 2011. – 694 с.
4. Україна та глобальний парниковий ефект. Книга 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату/За ред. В. В. Васильченка, М. В. Рапцуна, І. В. Трофимової – Київ: 1998. – 208 с.
5. Polevoy, A. N., Blyshchyk, D. V. Modelling of the autumn vegetation period for winter wheat (*Triticum aestivum* L.).//Agricultural sciences, 2014. – Vol. VI. – Issue 15. – P. 79–85.
6. Roeckner, E., K. Arpe, L. Bengtsson, M. Christoph, M. Claussen, L. Dumenil, M. Esch, U. Schlese, U. Schulzweida. The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate//Max-Planck-Institute fur Meteorologie, Report. – 1996. – No. 218.

Katinskaya Irina Viktorovna,
Odessa state environmental university,
Methodologist of dean's office of extramural tuition
Gopchenko Evgeniy Dmitrievich,
Odessa state environmental university,
Doctor of Geography, Professor, Head of Department of Land Hydrology
in Hydrometeorological Institute

Variability of annual runoff over the territory of Zakarpation

Катинская Ирина Викторовна,
Одесский государственный экологический университет,
методист деканата заочного факультета
Гопченко Евгений Дмитриевич,
Одесский государственный экологический университет,
доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедры гидрологии суши гидрометеорологического института

Изменчивость годового стока на территории Закарпатья

К базовым характеристикам водных ресурсов рек, кроме норм годового стока, важное практическое значение имеют и другие статистические параметры временных рядов, а именно: коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s или соотношение C_s/C_v . По методу моментов¹:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (k_j - 1)^2}{n - 1}}, \quad (1)$$

а

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(nC_v^3)}, \quad (2)$$

где $k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}$ — модульные коэффициенты расходов воды Q_i относительно среднего многолетнего значения \bar{Q} ;

n — продолжительность наблюдений (в годах)

По методу наибольшего правдоподобия²:

C_v и $C_s = f(\lambda_2; \lambda_3)$,

где λ_2 и λ_3 — вспомогательные статистики, причем

$$\lambda_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg k_i, \quad (3)$$

а

$$\lambda_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \lg k_i \quad (4)$$

С. Н. Крицким и М. Ф. Менкелем² разработаны специальные номограммы, с помощью которых устанавливаются искомые величины C_v и C_s/C_v .

Многолетний опыт свидетельствует, что при $C_v < 1.0$, как правило, рассчитанные по двум методам C_v , практически не отличаются друг от друга. Эти требования в полной мере соответствуют материалам наблюдений за годовым стоком на территории Закарпатья.

Длительные временные ряды наблюдений за гидрологическим режимом рек Закарпатья довольно ограничены, а первые исследования коэффициентов вариации относятся к периоду 1969 года, когда были опубликованы «Ресурсы поверхностных вод, т. 6, вып. 1 Западная Украина и Молдавия, 1969 (РПВ)». В них нормы стока и коэффициенты вариации по рядам до 1965 года обобщены в виде соответствующих карт изолиний, а также региональных эмпирических зависимостей от средней высоты водосборов.

¹ Рождественский А. В., Чеботарев А. И. Статистические методы в гидрологии. Л., Гидрометеоздат, 1974.

² Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М., Изд. «Наука», 1981.

В РПВ¹, кроме карты изолиний C_v , для горных районов Закарпатья предложены еще и формулы вида:

$$C_v = \frac{A}{H_{cp}^n F^m}, \quad C_v = \frac{1,12}{q_0^{0,32} F^{0,049}} \quad (5)$$

где A — параметр для учета региональных факторов изменчивости годового стока;

H_{cp} — средняя высота водосборов;

F — площадь водосборов;

q_0 — норма годового стока (л/скм²)

Подобная методология для обобщения коэффициентов вариации рек Закарпатья была принята и в методике СНиП 2.01.14–83². Так, для горных районов допускается рассчитывать C_v по формуле

$$C_v = \frac{A}{q_0^{0,4} (F + 1000)^{0,10}}, \quad (6)$$

где q_0 — норма годового стока (л/скм²);

Параметр A рекомендуется определять по методу аналогии.

Авторы формулы² оценивают ее точность на уровне от 10 до 30%.

Следует заметить, что подобная научно-методическая база была применена и по отношению к пространственному обобщению норм годового стока. К сожалению, как и раньше, мы обращаем внимание на неправомерность использования одновременно к одним и тем же данным по-сути альтернативных методик пространственного отображения географических объектов (в виде карт и региональных формул, в которых кроме зональных аргументов учитываются — азональные, например, высота водосборов H_{cp} и размеров водосборов F).

К анализу были привлечены материалы наблюдений сети Гидрометслужбы за период до 2008 года, включительно. Водосборные площади составляют от 0,28 км² (руч. Глубокий Яр — пгт Межгорье) до 7690 км² (р. Тиса — г. Хуст, длительность временных рядов — от 23 лет (р. Уж — с. Жорнава) до 55 лет (р. Латорица — г. Мукачево, р. Уж — г. Ужгород), диапазон высот — от 300 м (р. Стара — с. Зняцево) до 1200 м (р. Белая Тиса — г. Луги).

Как уже отмечалось, наиболее распространенными при статистическом анализе временных рядов стоковых характеристик являются методы моментов и наибольшего правдоподобия. На начальных этапах исследования по рекам Закарпатья были применены оба метода. Результаты расчетов приведены в табл. 1. Изменяются коэффициенты вариации C_v , независимо от метода расчета, от 0,56 (руч. Йойковец — пгт Межгорье, $F = 0,39$ км²) до 0,16 (р. Уж — с. Жорнава, $F = 286$ км²). Для этого диапазона колебаний C_v , таким образом, применение того или иного метода расчета не является актуальным.

Таблица 1. – Результаты статистической обработки временных рядов годового стока рек Закарпатья

№ пп	Река-пост	n, лет	F, км ²	Метод моментов			Метод наибольшего правдоподобия	
				\bar{Q} , м ³ /с	C_v	C_s	C_v	C_s / C_v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	р. Боржава — с. Долгое	44	408	11,4	0,31	0,43	0,31	1,5
2.	р. Боржава — с. Шаланки	35	1100	21,0	0,27	0,62	0,27	2,5
3.	р. Брустуранка — с. Лопухов	25	257	9,55	0,20	-0,04	0,20	0,4
4.	р. Веча — с. Нелепино	45	241	6,95	0,25	0,24	0,25	1,2
5.	руч. Гл. Яр — пгт Межгорье	26	0,28	2,49	0,24	0,058	0,24	0,6
6.	руч. Йойковец — пгт Межгорье	26	0,39	6,90	0,56	1,38	0,56	3,1
7.	р. Косовская — с. Косовская Поляна	29	122	4,86	0,23	0,60	0,22	2,9
8.	р. Латорица — г. Мукачево	55	1360	26,4	0,31	0,75	0,31	2,6
9.	р. Латорица — с. Подполозье	38	324	9,87	0,29	0,38	0,29	1,5
10.	р. Латорица — г. Свалява	32	680	14,9	0,31	0,53	0,31	1,9
11.	р. Латорица — г. Чоп	32	2870	37,4	0,26	0,89	0,26	3,9
12.	р. Лопушная — с. Лопушное	28	37,3	0,98	0,36	2,19	0,36	9,1
13.	р. Лужанка — с. Нересница	25	149	4,75	0,33	1,96	0,33	8,9
14.	р. Лютая — с. Черноголовая	25	169	4,39	0,28	0,44	0,28	1,8
15.	р. Мокранка — с. Русская Мокрая	31	214	8,33	0,20	-0,53	0,20	-1,1
16.	р. Пилипец — с. Пилипец	45	44,2	1,51	0,23	0,36	0,23	1,7
17.	р. Репинка — с. Репино	50	203	6,20	0,28	0,64	0,28	2,4
18.	р.Рика — пгт Межгорье	51	550	13,8	0,26	-0,63	0,26	-1,5
19.	р. Рика — г. Хуст	37	1130	47,4	0,46	0,53	0,46	1,2
20.	р. Старая — с. Зняцево	42	224	2,38	0,36	0,72	0,36	2,2
21.	р. Теремля — с. Колочава	42	369	14,8	0,26	-0,04	0,26	0,2
22.	р. Тересва — пгт Дубовое	27	757	26,1	0,21	-0,5	0,21	-0,9
23.	р. Тересва — с. Нересница	31	1100	35,5	0,24	0,74	0,23	3,5
24.	р. Тересва — пгт Усть-Черная	45	572	19,5	0,24	0,56	0,23	2,5
25.	р. Тиса — пгт Вилок	47	9140	210	0,29	1,37	0,29	5,5

¹ «Ресурсы поверхностных вод, т. 6, вып. 1. Западная Украина и Молдавия», Л., Гидрометеиздат, 1964.

² Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л., Гидрометеиздат, 1984.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
26.	р. Белая Тиса — г. Луги	45	189	5,14	0,20	0,55	0,20	2,9
27.	р. Тиса — г. Рахов	47	1070	25,9	0,19	0,08	0,19	0,7
28.	р. Тиса — г. Тячев	36	6470	140	0,35	2,29	0,35	9,1
29.	р. Тиса — г. Хуст	45	7690	168	0,30	2,07	0,30	8,9
30.	р. Черная Тиса — пгт Ясиня	45	194	4,91	0,24	0,37	0,24	1,7
31.	р. Турья — с. Симер	37	464	9,06	0,29	0,64	0,29	2,4
32.	р. Уж — с. Жорнава	23	286	6,69	0,16	0,22	0,16	1,7
33.	р. Уж — с. Заричево	28	1280	21,5	0,21	0,38	0,21	2
34.	р. Уж — г. Ужгород	55	1970	28,9	0,28	0,44	0,28	1,7

Точность исходной информации по коэффициентам вариации временных рядов (в%) равна¹⁴:

— при использовании метода моментов

$$\delta_{Cv} = \sqrt{\frac{1+Cv^2}{2n}} 100; \quad (7)$$

— при использовании метода наибольшего правдоподобия

$$\delta_{Cv} = \sqrt{\frac{3}{2n(3+Cv^2)}} 100, \quad (8)$$

где δ_{Cv} — среднеквадратическая ошибка расчета Cv ;

n — длительность временных рядов наблюдений.

В среднем по методу моментов $\delta_{Cv} = 12,3\%$, а по методу наибольшего правдоподобия — $11,7\%$. Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что δ_{Cv} годового стока на Закарпатье практически не зависит от метода определения Cv , а δ_{Cv} находится на уровне до 12% .

Как отмечалось выше, при пространственном обобщении коэффициентов вариации Cv применяется картирование или представление его в зависимости от одного (площади водосбора) или двух (площади водосбора и модуля годового стока) аргументов, или с учетом высотного положения и размеров водосборов (в горных районах).

Для рек Закарпатья изначально были построены зависимости Cv от потенциально возможных факторов, оказывающих влияние на изменчивость годового стока в горных условиях, а именно $Cv = f(H)$; $Cv = f(F)$; $Cv = f(q_0)$, где H — средняя высота водосборов (м); F — площадь водосборов км²; q_0 — норма годового стока (л/см²). Коэффициенты парной корреляции r соответственно равны: $0,54$; $0,11$; $0,26$. По преобладающему коэффициенту корреляции зависимость $Cv = f(H - 1000)$ приведена на рис 1.

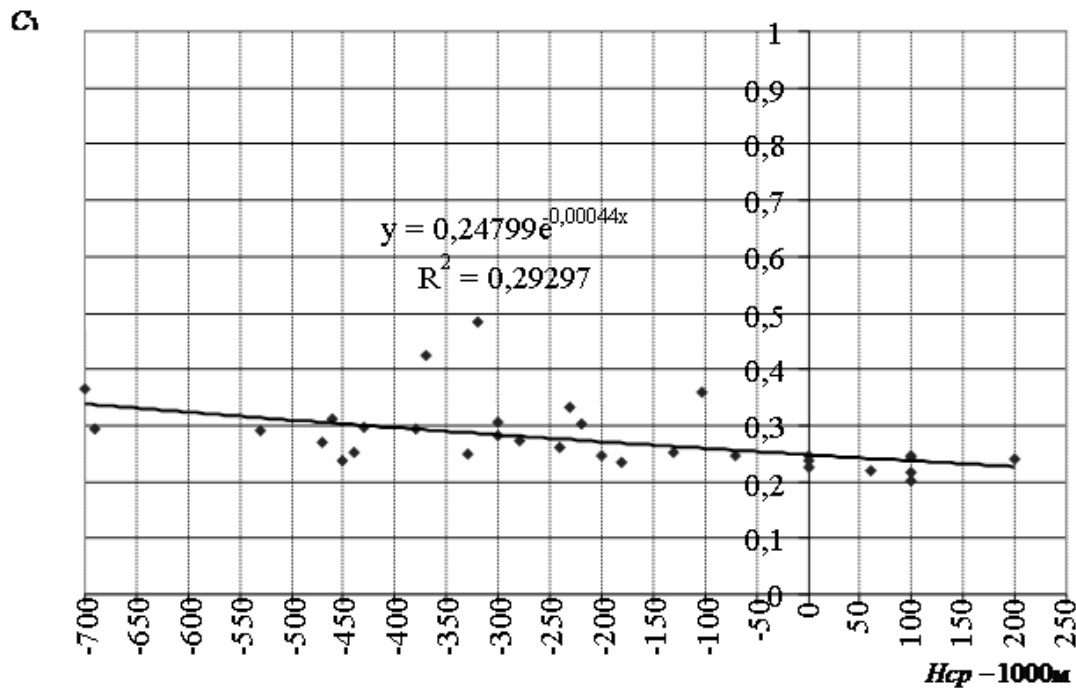


Рис. 1. – Зависимость коэффициентов вариации от средней высоты водосборов

Описывается она уравнением показательного вида:

$$Cv = 0,25 \exp[-0,4 \times 10^{-3} (H - 1000)] \quad (9)$$

В дальнейшем с целью установления зависимости коэффициентов вариации от размеров водосборов F и нормы годового стока q_0 достаточно, опираясь на равенство (9), все исходные данные по Cv привести до какой-то условной высоты водосборов, например $H = 1000$ м. Тогда (9) принимает вид:

$$Cv = (Cv)_{H=1000} \exp[-0,4^{-3} (H - 1000)] \quad (10)$$

Откуда приведенное значение $(Cv)_{H=1000}$ равно

¹ Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л., Гидрометеиздат, 1984.

$$(Cv)_{H=1000} = Cv / \left\{ \exp \left[-0,4 \times 10^{-3} (H - 1000) \right] \right\} \quad (11)$$

Теперь можно продолжить исследование факторной обусловленности Cv другими местными переменными (F и q_0).

Однако, с практической точки зрения, прежде чем детализировать расчетную схему, следует на каждом этапе оценивать точность полученных на каждом шаге уравнений и сопоставить результаты с точностью исходной информации. Детализация исследовательских процедур, очевидно, тогда имеет смысл, когда расчетные значения Cv на том или ином шаге значительно отличаются от исходных данных.

Исходя из этих соображений, прежде всего была проведена точность уравнения (9) на материалах 34 объектов. Среднее отклонение расчетных коэффициентов вариации $(Cv)_{расч.}$ от исходных данных Cv составляет 11,2% что практически совпадает со средней квадратической погрешностью вычисления Cv по имеющимся временным рядам ($\delta_{Cv} = 12,0\%$).

Таким образом, для рек Закарпатья при расчетах Cv годового стока можно ограничиться зависимостью (9).

Выводы. Изменчивость годового стока на территории Закарпатья характеризуется в целом невысокими коэффициентами вариации, которые в большинстве своем не выходят за пределы 0,34, за исключением р. Рика — г. Хуст, $F = 1130 \text{ км}^2$, где $Cv = 0,46$ и руч. Йойковец — пгт Межгорье (при $F = 0,39 \text{ км}^2$ — $Cv = 0,56$).

В пространственном отношении имеет место закономерность уменьшения изменчивости годового стока при увеличении средней высоты водосборов.

Результаты исследования рекомендуются для практического использования, точность предложенной формулы находится в пределах 10–12%.

Список литературы:

1. Рождественский А. В., Чеботарев А. И. Статистические методы в гидрологии. Л., Гидрометеиздат, 1974.
2. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М., Изд. «Наука», 1981.
3. «Ресурсы поверхностных вод, т. 6, вып. 1. Западная Украина и Молдавия», Л., Гидрометеиздат, 1964.
4. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л., Гидрометеиздат, 1984.