

**РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕНЧИВОСТИ ГОДОВОГО СТОКА РЕК
КРЫМА С ИЗВЕСТНЫМИ РАСХОДАМИ КАРСТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ
ОТСУТСТВИИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Тимченко З.В.

Национальная академия и курортного строительства, г. Симферополь

В результате обобщения данных наблюдений с использованием определяющих параметров получены соотношения для расчёта характеристик изменчивости стока рек с известными расходами карстовых источников.

Ключевые слова: коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, расход карстового источника

Важнейшими для водохозяйственных расчётов являются характеристики изменчивости стока: коэффициенты вариации C_V и асимметрии C_S . По этим характеристикам рассчитывается годовой сток различной обеспеченности, а по величине обеспеченности ведётся оценка внутрисезонного распределения стока (многоводный, маловодный и средний периоды). При длинном ряде наблюдений на гидропосте значения C_V и C_S рассчитываются по соответствующим формулам. В случае отсутствия гидрометрических наблюдений для определения C_V и C_S используются эмпирические соотношения, полученные в результате обобщения данных по рекам. Для коэффициента C_V в работе [1] приведена формула Д.Л. Соколовского применительно к европейской части бывшего СССР (без Крыма). А в работе [2] – формула К.П. Воскресенского; в числитель формулы входит коэффициент, который рекомендуется принимать в пределах 1 – 3 без связи с географическими характеристиками. В том и другом случае C_V связывается с модулем стока M и площадью водосборного бассейна F :

$$C_V = f(M, F), \quad (1)$$

Аналогичные связи получены для некоторых рек Крыма в работе [3], там же отмечается, что для крымских рек отношение $\frac{C_S}{C_V}$ находится в пределах 0 – 5, а в

43% случаях $\frac{C_S}{C_V} = 2$.

В работе [4] для разных групп крымских рек получены зависимости в виде (1) и

$$C_V = f(i_{срзв}), \quad (2)$$

$$C_V = f(H_{ср}), \quad (3)$$

где $i_{срзв}$ – средневзвешенный уклон реки, $H_{ср}$ – средняя высота водосбора.

РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕНЧИВОСТИ ГОДОВОГО СТОКА РЕК КРЫМА С ИЗВЕСТНЫМИ РАСХОДАМИ КАРСТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ОТСУТСТВИИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Для C_s получены связи

$$C_s = f(C_v) \quad (4)$$

В работе [5] использование уравнения энергии для участка реки позволило выявить новые параметры, влияющие на модуль стока при известном расходе карстового источника реки Q :

$$M = f(Q, L, H, F),$$

где H, L – падение и длина участка реки.

В результате обобщения данных рек с известными карстовыми источниками [5] получена расчётная формула для модуля стока с индексом корреляции 0,993 (корреляционная связь полная [6]). Целесообразно рассмотреть возможность использования этих же параметров для обобщения данных по C_v и C_s :

$$C_v, C_s = f(Q, L, H, F) \quad (5)$$

Таким образом, варианты компьютерного многофакторного нелинейного моделирования определяются функциональными связями (1) – (5). Предпочтение следует отдать тому варианту, которому соответствует больший индекс корреляции.

К рекам с расходами карстовых источников менее $0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ относятся реки ЮБК, северо-западных склонов Главной гряды Крымских гор и реки бассейна реки Салгир. Всего 15 рек, данные которых [7,8] приведены в таблице 1.

Обобщение данных, приведенных в таблице, позволило получить следующие соотношения:

- для рек ЮБК

$$C_v = 1,24 C_s - 0,268 C_s^2 - 0,418; \quad (6)$$

$$C_s = 3,06 L^{-0,143} H^{0,156} F^{-0,166}; \quad (7)$$

- для рек северо-западных и реки бассейна реки Салгир

$$C_v = 0,935 L^{0,402} H^{0,076} F^{-0,427}; \quad (8)$$

$$C_s = 4,37 C_v - 1,1 C_v^2 - 0,755. \quad (9)$$

Зависимостям (6) и (7) соответствует индекс корреляции 0,67 и 0,84, а зависимостям (8) и (9) индексы корреляции 0,90 и 0,874 (сильная корреляционная связь [6]).

В таблице 1 приведены рассчитанные по формулам (6) – (9) значения характеристик изменчивости. Видно, что для рек ЮБК погрешность расчёта коэффициента C_v (δ_v) находится в пределах от «минус» 41,5 до 19%, а погрешность коэффициента C_s (δ_s) от «минус» 47,4 до 29,8%. Для рек северных и северо-западных склонов Салгира погрешность C_v находится в пределах от «минус» 20,3 до 23,8, а погрешность C_s в пределах от «минус» 38,7 до 31,1%.

данных, приведенных в таблице, позволило получить следующие соотношения:

- для рек ЮБК

$$C_v = 1,24 C_s - 0,268 C_s^2 - 0,418; \quad (6)$$

$$C_s = 3,06 L^{-0,143} H^{0,156} F^{-0,166}; \quad (7)$$

- для рек северо-западных и реки бассейна реки Салгир

$$C_v = 0,935 L^{0,402} H^{0,076} F^{-0,427}; \quad (8)$$

$$C_s = 4,37 C_v - 1,1 C_v^2 - 0,755. \quad (9)$$

Таблица 1.

Измеренные и рассчитанные характеристики изменчивости годового стока

Река-гидропост	Q , м ³ /с	L , км	H , км	F , км ²	C_v	δ_v , %	C_s	δ_s , %
Путамица – Ялта	0,225	0,65	0,015	24,8	0,43	11,6	0,9	10
Демерджи – Алушта	0,217	12	0,88	53,0	0,53	7,5	1,02	6,5
В. Улу-Узень Солнечногорское	0,382	11	0,887	32,5	0,42	19	0,92	29,8
Ускут –Приветное	0,110	7,8	0,43	42,3	0,95	0	1,82	-41
Арпат – Зеленогорье	0,03	1,3	0,160	5,1	0,8	1,0	3,2	-47,4
Шелен – Громовка	0,042	3	0,190	16,2	0,82	-41,5	0,9	8,9
Отуз – Щебетовка	0,069	3	0,038	58	1,06	-19,8	1,53	-2
Стиля – Лесниково	0,064	7,6	0,844	8,8	1,16	-20,3	2,86	-9,1
Марта – Верхоречье	0,12	19	0,382	76	0,46	-6,1	1,73	-38,7
Биюк-Узенбаш – Счастлиное	0,234	0,5	0,039	6,55	0,39	-14,4	0,61	31,1
Кучук-Узенбаш- Многоречье	0,203	1,8	0,130	10	0,37	23,8	0,98	-22,4
Приток Кучук- Узенбаш – Многоречье	0,214	0,1	0,1	2,46	0,3	3	0,44	-2,3
Манাগотра Счастлиное	0,037	1,6	0,09	5,06	0,52	4,6	1,22	1,6
Байдарка – Орлиное	0,025	2	0,220	4,5	0,66	0,8	1,33	18,8
Кизил-Коба – Краснопещерное	0,179	2	0,21	16,8	0,42	-9,5	0,94	-4,3

Зависимостям (6) и (7) соответствует индекс корреляции 0,67 и 0,84, а зависимостям (8) и (9) индексы корреляции 0,90 и 0,874 (сильная корреляционная связь [6]).

В таблице 1 приведены рассчитанные по формулам (6) – (9) значения характеристик изменчивости. Видно, что для рек ЮБК погрешность расчёта коэффициента C_v (δ_v) находится в пределах от «минус» 41,5 до 19%, а погрешность коэффициента C_s (δ_s) от «минус» 47,4 до 29,8%. Для рек северных и северо-западных склонов Салгира погрешность C_v находится в пределах от «минус» 20,3 до 23,8, а погрешность C_s в пределах от «минус» 38,7 до 31,1%.

В табл. 2 приведены рассчитанные по формуле (6) – (9) характеристики изменчивости для устьев 14-ти рек, где отсутствуют гидропосты. Отметим, что данные в табл.1 для реки Марта, притока Кучук-Узенбаша и реки Кизил-Коба относятся к устьям. Расчётные значения модуля стока участков этих рек приведены в работе [9].

**РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕНЧИВОСТИ ГОДОВОГО СТОКА РЕК КРЫМА С ИЗВЕСТНЫМИ
РАСХОДАМИ КАРСТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ОТСУТСТВИИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Таблица 2.

Рассчитанные характеристики изменчивости годового стока рек с известными расходами карстовых источников (расход менее 0,4 м³/с)

Расчётный створ	Q, м ³ /с	H, км	L, км	F, км ²	M, л/с км ²	C _v	C _s
Гува	0,208	0,218	1,5	4,8	43,6	0,93	1,75
Путамица	0,225	0,018	0,8	25,8	9,0	0,54	0,98
Демерджи	0,217	0,92	13	53,4	4,08	0,61	1,08
В. Улу-Узень	0,382	0,90	12	33,5	11,5	0,67	1,18
Ускут	0,110	0,50	11	75,7	1,46	0,52	0,95
Арпат	0,03	0,483	10	28,1	1,2	0,64	1,13
Шелен	0,042	0,350	10	42	1,07	0,55	1
Отуз	0,069	0,052	4,4	77	0,74	0,37	0,76
Стиля	0,064	1,053	15	25	2,64	0,702	1,79
Биюк-Узенбаш	0,234	0,134	2,4	12	22,7	0,475	1,15
Кучук-Узенбаш	0,203	0,240	4,6	21	10,5	0,481	1,17
Манаготра	0,037	0,164	4,1	10	3,92	0,635	1,6
Узунджа	0,10	0,500	10	46,6	2,69	0,35	0,64
Байдарка	0,025	0,264	11	62,8	0,38	0,428	0,98

К рекам с расходом карстовых источников более 0,4 м³/с относятся данные десяти участков четырёх рек (табл. 3) с мощными карстовыми источниками – Биюк-Карасу (Q = 1,59 м³/с), Чёрная (Q = 1,56 м³/с) и рек с истоками – слияние рек: Салгир (Q = 0,509 м³/с), Бельбек (Q = 0,437 м³/с). В качестве расхода источника для Биюк-Карасу принят измеренный расход Q на гидропосте с. Карасёвка, находящемся в 2 км от карстового источника Карасу-Баши; для р. Чёрная – гидропост с. Родниковское, 2 км от карстового Скельского родника; для Бельбека гидропост с. Счастливое, в 0,5 км от слияния рек Манаготра и Биюк-Узенбаш; для Салгира – гидропост с. Сорокино, в 1 км от слияния рек Ангара и Кизил-Коба.

Таблица 3.

Сравнение измеренных и рассчитанных характеристик изменчивости стока

Река – пост	H, км	i, м/км	F, км ²	M, л/с км ²	C _v	δ _v , %	C _s	δ _s , %
Б.Карасу – Белогорск	0,17	15,5	275	6,9	0,34	16,5	0,62	-46,7
Б.Карасу – Зыбины	0,222	5,34	601	2,3	0,63	-6,7	2,35	-26,4
Б.Карасу-Заречье	0,266	4,22	1140	0,6	1,26	0	2,13	5,6
Чёрная -у г.Кизил-Кая	0,119	12,5	197	10,3	0,32	-3,1	1,04	-21,1
Чёрная -Хмельницкое	0,274	11,4	342	5,3	0,44	-3,6	1,25	-16
Салгир –Пионерское	0,1	11,1	261	4,9	0,53	-9,4	1,83	-27,3
Салгир –Гвардейское	0,254	5,3	564	1,93	0,68	-1,3	1,59	-24,5
Салгир-Двуречье	0,376	2,24	3540	0,48	1,04	-2,2	2,55	-3,9
Бельбек –Куйбышево	0,244	11,9	270	7,6	0,42	-16,8	0,98	-31,6
Бельбек –Фруктовое	0,358	7,3	463	4,2	0,45	-5,3	0,6	36,6

Обобщение данных, приведенных в табл. 3, позволило получить следующие соотношения:

$$C_V = 2,818 H^{0,03} i^{0,195} F^{0,211} M^{0,704}, \quad (10)$$

$$C_S = 8,36 C_V - 4,155 C_V^2 - 1,751, \quad (11)$$

где $i = H/L$ – средний уклон участка реки.

Зависимостям (10) и (11) соответствует индекс корреляции 0,975 и 0,865 (корреляционная связь сильная [6]). Из табл. 3 следует, что отклонения расчётного значения C_V от измеренного находятся в пределах от «минус» 16,8 до 16,5%, отклонения значений C_S от «минус» 27,3 до 46,7%.

С использованием соотношений (10), (11) рассчитаны характеристики изменчивости стока для устья четырёх рек (табл.4). Расчётные значения модуля стока участков этих рек приведены в работе [9].

Таблица 4.

Рассчитанные характеристики изменчивости годового стока рек с известными расходами карстовых источников (расход более 0,4 м³/с)

Расчётный створ	Q, м ³ /с	H, км	i, м/км	F, км ²	M, л/с км ²	C _V	C _S
Биюк-Карасу	1,59	0,271	3,15	1160	0,866	0,915	2,05
Чёрная	1,56	0,300	8,57	427	3,8	0,481	1,15
Салгир	0,509	0,394	1,93	3750	0,314	1,31	2,62
Бельбек	0,437	0,374	6,80	505	3,6	0,458	1,12

ВЫВОДЫ. 1. Обобщение измеренных значений характеристик изменчивости стока позволило получить расчётные зависимости применительно к рекам Крыма с известными расходами карстовых источников при отсутствии данных наблюдений.

2. С использованием полученных расчётных зависимостей определены характеристики изменчивости стока для устьев 18-ти рек, где отсутствуют гидропосты.

Список литературы

1. Воскресенский К.П. Гидрологические расчёты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках / К.П. Воскресенский. – Л.: Гидрометиздат, 1956. – 468 с.
2. Литовченко А.Ф., Сорокин В.Г. Гидрология и гидрометрия / А.Ф. Литовченко, В.Г. Сорокин. – К.: Вища школа, 1987. – 167 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т.8. – Украина и Молдавия. – Вып. 4. – Крым / Под ред. М.М. Айзенберга и М.С. Каганера. – Л.: Гидрометиздат, 1966. – 344 с.
4. Боровский Б.И., Тимченко З.В. Компьютерное моделирование гидрологических характеристик рек Крыма / Б.И. Боровский, З.В. Тимченко // Сб. научных трудов КНУТиД. – К.: Випол, 2004. – С. 207 – 210.
5. Тимченко З.В. Расчёт модуля стока рек Крыма с известными расходами карстовых источников при отсутствии гидрометрических наблюдений / З.В. Тимченко // Сб. научных трудов «Строительство и техногенная безопасность». – Вып. 10. – Симферополь:НАПКС, 2005. – С. 224-226.
6. Вознюк С.Т., Гончаров С.М., Ковалёв С.В. Основы научных исследований / С.Т. Вознюк, С.М. Гончаров, С.В. Ковалёв. – К.: Вища школа, 1985. – 189 с.

РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕНЧИВОСТИ ГОДОВОГО СТОКА РЕК КРЫМА С ИЗВЕСТНЫМИ РАСХОДАМИ КАРСТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРИ ОТСУТСТВИИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

7. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: Справочник. – Симферополь: Доля, 2007. – 218 с.
8. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. – Т. 6. – Украина и Молдавия. – Вып. 4. – Крым. – Л.: ГМИ, 1980. – 120 с.
9. Тимченко З.В. Определение модуля стока рек Крыма с мощными источниками при отсутствии гидрометрических наблюдений / З.В. Тимченко // Учёные записки КИПУ. – Вып. 6. – Симферополь, 2006. – С. 73-75.

Тімченко З.В. Розрахунок характеристик мінливості річного стоку рік Криму з відомими витратами карстових джерел при відсутності гідрометричних спостережень / З.В. Тімченко // Учені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2009. – Т.22 (61). – № 2. – С.148-153.

У результаті узагальнення даних спостережень за допомогою визначених параметрів одержано співвідношення для розрахунку характеристик мінливості стоку рік Криму з відомими витратами карстових джерел

Ключові слова: коефіцієнт варіації, коефіцієнт асиметрії, витрати карстового джерела

Timchenko Z.V. Calculation of characteristics of the change of the annual runoff of the rivers of Crimea with the known consumption of the karst spring without the hydrometric observers / Z.V. Timchenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Geography. – 2009. – Vol. 22 (61). – № 2. – P.148-153.

In result of generalization of the information of the hydrometric observers and with the help of the promise parameters were receiving correlations for the calculation of characteristics of the change of the water flowing for one year of the rivers of Crimea with the known karst spring without the hydrometric observers.

Keywords: the coefficient of variations, the coefficient of asymmetry, the known karst spring

Поступила в редакцию 20.06.2009 г.