

ОБОБЩЕНИЕ НАБЛЮДАЕМЫХ НА РЕКАХ КРЫМА МАКСИМУМОВ И МИНИМУМОВ ГОДОВОГО СТОКА

Тимченко З.В.

В результате обобщения данных наблюдений на реках Крыма получены соотношения для расчёта модулей максимального и минимального годового стока.

Ключевые слова: годовой сток, модуль стока

При наличии рядов гидрологических наблюдений среднегодовых расходов воды на реках легко выявляются годы, которым соответствуют максимальные и минимальные среднегодовые расходы, т.е. годы максимальной и минимальной водности рек. Однако возникает задача определения возможных максимальных и минимальных среднегодовых расходов воды на реках при отсутствии гидрологических наблюдений.

Эта задача может быть решена с помощью обобщения данных рек, на которых проводились гидрологические наблюдения. Анализ минимальных и максимальных среднегодовых расходов проводился для горных рек Армении [1]. В Крыму насчитывается 1657 рек, ручьёв и балок. Сейчас на них действует 34 гидропоста. В разное время был 191 гидропост. С учётом общего количества лет наблюдений и времени действия постов в качестве исходных данных для обобщения использовать данные 53-х рек: 18 рек ЮБК, 19 рек северо-западных склонов Главной гряды Крымских гор и 16 рек северных и северо-восточных склонов Главной гряды Крымских гор. Эти данные представлены в табл. 1, параметры рек охватывают широкий диапазон изменения площади водосбора 2,5 – 3540 км² и широкие пределы изменения модуля среднегодового стока 0,48 – 87,0 л/с км².

Таблица 1

Исходные данные для обобщения

№ п/п	Река гидропост	N, лет	F, км ²	M, л/с км ²	M _{макс} , л/с км ²	M _{мин} , л/с км ²	P _{макс} , %	P _{мин} , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Реки ЮБК								
1	Учан-Су Чехово	57	16,8	16,7	36,9	3,36	7,14	95,5
2	Учан-Су Ялта	26	28,8	13,4	22,57	7,29	14,3	90,5
3	Дерекойка Ялта	61	49,7	11,5	24,7	3,6	5,88	95,7
4	Гува Васильевка	20	4,78	43,5	81,8	23	14,3	87,0
5	Путамица Ялта	24	24,8	9,1	19,8	3,24	12,5	90,5

ТИМЧЕНКО З.В.

Продолжение табл.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Авуцда Гурзуф	15	23,0	5,0	15,2	1,24	20	84,1
7	Улу-Узень Алушта	22	64,8	6,1	11,4	2,1	14,3	98,1
8	Демерджи Алушта	50	53	4,1	9,43	1,11	10	91,7
9	Куру-Узень Солнечногорск.	11	14,3	1,05	4,22	0,55	16,7	87
10	Вост.Улу-Узень Солнечногорск.	58	32,5	11,8	26,2	3,02	6,7	95,5
11	Ускут Приветное	37	42,3	2,6	11,1	0,026	14,3	85,1
12	Арпат Зеленогорье	19	5,1	5,88	8,6	1,34	16,7	89
13	Шелен Громовка	22	16,2	2,59	6,17	0,337	20	87
14	Ворон Ворон	37	10,3	2,72	12,6	0	12,5	90,5
15	Ай-Серез Междуречье	41	12,8	1,17	4,68	0	10	92,6
16	Таракташ Судак	57	156	0,7	2,66	0	8,33	93,9
17	Отуз Щебетовка	33	58	2,17	4,5	0,012	12,5	91,7
18	Кизилтапский Щебетовка	36	35	1,06	5,61	0,032	12,5	90,5
Северо-западные склоны Главной гряды Крымских гор								
19	Чёрная Родниковское	65	47,6	32,8	85,7	9,24	4,2	96,9
20	Чёрная у г. Кизил-Кая	58	197	10,2	21,98	5,08	5,3	96,0
21	Чёрная Хмельницкое	60	342	5,2	13,8	1,27	6,25	95,1
22	Байдарка Орлиное	34	4,5	5,56	17,3	0,89	10	91,7
23	Бельбек Счастливое	35	44	9,9	28	0,91	9,1	92,6
24	Бельбек Куйбышево	57	270	7,7	18,44	1,37	6,3	95,7
25	Бельбек Фруктовое	56	493	4,22	8,0	0,61	7,7	93,9
26	Биок-Узенбаш Счастливое	41	6,55	35,7	70,3	9,64	8,3	93,9
27	Кучук-Узенбаш Многоречье	42	10	20,3	39	5,7	9,1	91,7

ОБОБЩЕНИЕ НАБЛЮДАЕМЫХ НА РЕКАХ КРЫМА...

Продолжение табл.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	Мапаготра Счастлиное	22	5,06	7,3	18,3	2,55	14,3	90,5
29	приток К.-Узенбапа Многоречье	36	2,46	87	146,3	35,8	8,3	93,3
30	Коккозка Аромат	35	83,6	13	29,7	5,98	8,3	94,4
31	Кача Загорское	19	110	8,2	18,9	4,42	15	92,0
32	Кача Башгановка	62	321	3,96	8,72	0,34	7,7	94,8
33	Кача Суворово	55	525	2,74	6,2	0,47	7,7	94,8
34	Альма Крымгосзаповед	42	39,7	16,3	30,23	9,82	7,7	94,4
35	Альма выше Партизанского	34	184	6,5	17,23	1,96	10	92,6
36	Альма Почтовое	46	374	1,9	6,7	0,32	9,1	93,8
37	Альма Песчаное	23	633	1,35	3,7	0,158	16,6	89
Северные и северо-восточные склоны Главной гряды Крымских гор								
38	Салгир Пионерское	47	261	4,94	15,1	1,57	8,3	93,9
39	Салгир Симферополь	37	321	5,14	8,35	1,9	7,7	93,9
40	Салгир Гвардейское	23	564	1,93	4,61	0,55	14,3	89,0
41	Салгир Двуречье	50	3540	0,48	2,46	0,038	10	92,6
42	КизилКоба Краснопещерное	24	16,8	10,6	21,4	4,47	12,5	91,7
43	Алгара Перевальное	48	38,3	7,3	16,7	1,82	7,7	94,3
44	Малый Салгир Симферополь	44	96	2,8	7,81	1,02	11,1	91,7
45	Зуя Баланово	25	48	2,77	6,88	1,0	16,7	89
46	Бешгерек Мазанка	20	30	2,1	4,0	0,78	14,3	87
47	Бурульча Межгорье	59	85	5,4	15,6	2,0	6,25	95,5
48	Биок-Карасу Белогорек	42	275	6,9	12,65	3,23	7,7	94,4

Продолжение табл.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	Биок-Карасу Зыбины	57	601	2,3	9,17	0,38	11,1	91,7
50	Биок-Карасу Заречное	42	1140	0,64	3,67	0,013	12,5	91,7
51	Тонас Белогорск	29	184	2,0	6,86	0,54	20	87
52	Кучук-Карасу Богатое	56	89	2,9	10,6	0,55	8,3	93,9
53	Су-Индол Тополёвка	73	71	3,15	13,4	0,64	8,3	93,9

В табл. 1: N – общее число лет наблюдений; F – площадь водосбора; M – модуль среднемноголетнего стока [2]; M_{\max} , M_{\min} – модули стока, соответствующие максимальным и минимальным среднегодовым стокам; P_{\max} , P_{\min} – обеспеченность максимальных и минимальных среднегодовых стоков.

Данные, приведенные в табл. 1 обобщаются с индексом корреляции 0,997 и 0,942 следующими зависимостями:

$$M_{\max} = 3,42 M^{0,842}, \quad (1)$$

$$M_{\min} = 0,212 M^{1,18}. \quad (2)$$

Приведенные в табл. 1 значения обеспеченности среднегодового максимального стока определялись по формуле С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля [3]:

$$P_{\max} = 100 m_{\max} / (n_{\max} + 1), \quad (3)$$

где m_{\max} – порядковый номер члена ранжированного ряда максимумов среднегодовых расходов; n_{\max} – число максимумов.

Для максимального среднегодового стока $m_{\max} = 1$, поэтому формула (3) принимает вид:

$$P_{\max} = 100 / (n_{\max} + 1). \quad (4)$$

Для обеспеченности минимального среднегодового стока использована формула Н.Н. Чегодаева [3]:

$$P_{\min} = 100 (m_{\min} - 0,3) / (n_{\min} + 0,4), \quad (5)$$

где m_{\min} – порядковый номер члена ранжированного ряда минимумов среднегодовых расходов; n_{\min} – число минимумов.

Для минимального среднегодового стока $m_{\min} = n_{\min}$ и тогда формула (5) принимает вид:

$$P_{\min} = 100 (n_{\min} - 0,3) / (n_{\min} + 0,4). \quad (6)$$

Для достоверной оценки обеспеченности максимальных и минимальных среднегодовых стоков рек Крыма используем данные тех рек, для которых при имеющемся числе наблюдений N ошибка вычислений среднемноголетнего значения стока $\xi_Q \leq 10\%$, то есть среднемноголетний сток является нормой годового стока [2].

Эти данные приведены в табл. 2. для 25-ти крымских рек.

ОБОБЩЕНИЕ НАБЛЮДАЕМЫХ НА РЕКАХ КРЫМА...

Таблица 2.

Оценка обеспеченности максимальных и минимальных среднегодовых расходов воды

№ пп	Река - пост	ξ_{Q_0} , %	N, лет	P_{\max} , %	P_{\min} , %
1	Учан-Су - Чехово	6	57	7,14	95,5
2	Дерекойка - Ялта	5	61	5,88	95,7
3	В. Улу-Узень - Солнечногорское	6	58	6,7	95,5
4	Демерджи – Алушта	8	50	10	91,7
5	Чёрная - Родниковское	6	65	4,2	96,9
6	Чёрная - у г. Кизил-Кая	5	58	5,3	96,0
7	Чёрная - Хмельницкое	6	60	6,25	95,1
8	Бельбек - Фруктовое	6	56	7,7	93,9
9	Кучук-Узенбаш - Многогорчье	6	42	9,1	91,7
10	Биок-Узенбаш - Счастливое	7	41	8,3	93,9
11	Приток К.-Узенбаш - Многогорчье	5	36	8,3	93,3
12	Кача - Загорское	9	19	15	92
13	Кача - Баштановка	8	62	7,7	94,8
14	Кача - Суворово	8	55	7,7	94,8
15	Альма - Крымгосзаповедник	5	42	7,7	94,4
16	Альма – выше Партизанского в-ща	10	34	10	92,6
17	Салгир - Пионерское	8	47	8,3	93,9
18	Салгир - Симферополь	8	37	7,7	93,9
19	Ангара - Перевальное	6	48	7,7	94,3
20	Малый Салгир - Симферополь	8	44	11,1	91,7
21	Бурульча – Межгорье	7	59	6,25	95,5
22	Биок-Карасу - Белогорск	5	42	7,7	94,4
23	Биок-Карасу - Зыбины	9	57	11,1	91,7
24	Кучук-Карасу - Богатое	10	56	8,3	93,8
25	Су-Индол - Тополёвка	10	73	8,3	93,8
Среднее				8,1 (+ 6,9; -3,9)	94 (+ 2,9; - 2,3)

Из табл. 2 видно, что для крымских рек

$$P_{\max} = 8,1 (+ 6,9; -3,9) \% \quad (7)$$

$$P_{\min} = 94 (+2,9; - 2,3)\% \quad (8)$$

С использованием соотношений (7) и (8) можно рассчитать для рек Крыма число лет повторяемости максимальных и минимальных среднегодовых стоков рек в столетнем цикле [3]:

$$N_{\max} = 100/P_{\max}; \quad (9)$$

$$N_{\min} = 100/(100 - P_{\min}). \quad (10)$$

Расчёт по формулам (9), (10) даёт следующие результаты:

$$N_{\max} = 12 \text{ лет};$$

$$N_{\min} = 16 \text{ лет}.$$

При известных значениях M , C_V , C_S , P_{\max} и P_{\min} можно рассчитать теоретические значения максимальных и минимальных среднегодовых стоков,

используя биномиальное распределение и трёхпараметрическое гамма-распределение [4].

В табл. 3 приведено сравнение наблюдаемых максимумов и минимумов среднегодового стока с теоретическими - рассчитанными по биномиальному распределению для рек, параметры которых приведены выше, в табл. 2.

Таблица 3.

Сравнение наблюдаемых значений с теоретическими (биномиальное распределение)

Река пост	M, л/скм ²	C _V	C _S	M _{макс} , л/скм ²		M _{мин} , л/скм ²		макс	мин
				H	T	H	T		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Учан-Су Чехово	16,7	0,43	1,09	36,9	28,3	3,36	7,3	0,77	2,17
Дерекойка Ялта	11,5	0,4	0,79	24,7	19,4	3,6	4,9	0,79	1,36
В. Улу-Узень Солнечногорское	11,8	0,42	0,92	26,2	19,9	3,02	5	0,76	1,66
Демерджи Алушта	4,1	0,53	1,02	9,43	7,0	1,11	1,58	0,74	1,42
Чёрная Родниковская	32,8	0,42	1,12	85,7	61,45	9,24	13,79	0,72	1,48
Чёрная у г. Кизил-Кая	10,2	0,32	1,04	21,98	16,34	5,08	5,89	0,74	1,16
Чёрная Хмельницкое	5,2	0,42	1,12	13,8	9,0	1,27	2,38	0,65	1,87
Бишок-Узенбаш Счастлиное	35,7	0,39	0,61	70,3	56,2	9,64	18,3	0,8	1,9
Бельбек Фруктовое	4,2	0,45	0,6	8,0	7,13	0,61	1,55	0,89	2,54
Кучук-Узенбаш Многоречье	20,3	0,37	0,98	39	30,1	5,7	11,5	0,77	2,01
Приток Кучук- Узенбаш Многоречье	87	0,3	0,44	146,3	123,5	35,8	52,5	0,84	1,48
Кача Загорское	8,2	0,41	1,57	18,9	10,5	4,42	5,24	0,56	1,19
Кача Баштановка	3,96	0,54	0,64	8,72	7,16	0,34	0,97	0,82	2,85
Кача Суворово	2,74	0,56	1,39	6,2	5,14	0,47	0,94	0,83	2
Альма Крымгосзаповед.	16,3	0,3	1,01	30,23	23,88	9,82	10,2	0,79	1,04
Альма выше Партизанск. в-ща	6,5	0,57	1,29	17,23	11,32	1,96	2,35	0,66	1,2
Салгир Пионерское	4,94	0,53	1,83	15,1	8,87	1,57	2,31	0,59	1,47

ОБОБЩЕНИЕ НАБЛЮДАЕМЫХ НА РЕКАХ КРЫМА...

Салгир Симферополь	5,14	0,35	0,01	8,35	7,66	1,9	2,31	0,92	1,21
Ангара Перевальное	7,3	0,38	0,27	16,7	11,36	1,82	3,14	0,68	1,73
Малый Салгир Симферополь	2,8	0,52	1,71	7,81	4,68	1,02	1,34	0,6	1,31
Бурульча Межгорье	5,4	0,53	1,43	15,6	10,5	2	2,1	0,67	1,05
Биок-Карасу Белогорск	6,9	0,34	0,62	12,65	10,4	3,23	3,62	0,82	1,12
Биок-Карасу Зыбины	2,3	0,63	2,35	9,17	4,04	0,38	1,14	0,44	3
Кучук-Карасу Богатое	2,9	0,72	1,89	10,6	6,01	0,55	0,9	0,57	1,64
Су-Индол Тополёвка	3,2	0,79	1,91	13,4	7	0,64	0,8	0,52	1,25

В табл. 3: Н,Т - соответственно, наблюдаемое и теоретическое значения.

Из табл. 3 видно, что отношения теоретических значений максимального среднегодового стока к наблюдаемым значениям находится в пределах 0,52 – 0,92, а отношение теоретических значений минимального среднегодового стока к наблюдаемым значениям находится в пределах 1,04 – 2,85. Таким образом, теоретический расчёт по биномиальному распределению даёт занижение значений максимального среднегодового стока и завышение минимального среднегодового стока.

Отметим, что результаты расчётов с помощью теоретической кривой трёхпараметрического гамма-распределению [4], мало отличаются от рассчитанных по биномиальному распределению. В случае максимального модуля это отличие находится в пределах +20; -9%, а в случае минимального модуля - +5; -26%.

Как и в случае биномиального распределения, расчёт по трёхпараметрическому гамма-распределению даёт заниженные значения максимального среднегодового стока: отношения теоретических значений к наблюдаемым находится в пределах 0,44 – 0,92.

Расчёт по трёхпараметрическому гамма-распределению даёт во всех случаях, за исключением двух, завышение, как и при биномиальном распределении, минимального среднегодового стока. Отношение теоретических значений к наблюдаемым находится в пределах 0,93 – 2,56.

Проведенный анализ показывает, что для определения модулей максимальных и минимальных среднегодовых стоков крымских рек, на которых отсутствуют гидрологические наблюдения, целесообразно использовать полученные в результате обобщения соотношения (1) и (2). Если в каком-либо створе реки известны значения максимального и минимального модуля стока, то в другом створе определить эти параметры можно пересчётом с использованием формул (1) и (2):

ТИМЧЕНКО З.В.

$$M_{\max} = M_{\max 0} (M/M_0)^{0,842}, \quad (11)$$

$$M_{\min} = M_{\min 0} (M/M_0)^{1,18}, \quad (12)$$

где индексом «0» обозначены параметры в исходном створе реки.

Данные 57-ми крымских рек, на которых отсутствуют гидропосты, приведены в табл. 4. Среднемноголетние модули определены в работе [2] с использованием эмпирических соотношений для различных групп рек.

Таблица 4

Расчёт модуля минимального и максимального среднегодового стока рек

№ пп	Расчётный створ	F, км ²	M, л/с км ²	M _{макс} л/с км ²	M _{мин} л/с км ²
1	2	3	4	5	6
Реки с известными расходами карстовых источников (расход более 0,4 м ³ /с)					
1	Биок-Карасу – устье	1160	0,866	11,83	0,543
2	Чёрная – устье	427	3,8	10,6	0,887
3	Салгир – устье	3750	0,314	1,72	0,023
4	Бельбек – устье	505	3,6	7,0	0,506
Реки с известными расходами карстовых источников (расход менее 0,4 м ³ /с)					
5	Гува – устье	4,8	43,6	82	23,06
6	Путамица – устье	25,8	9,0	19,6	3,2
7	Демерджи – устье	53,4	4,08	9,4	1,1
8	В. Улу-Узень – устье	33,5	11,5	25,64	2,93
9	Ускут – устье	75,7	1,46	6,83	0,013
10	Арпат – устье	28,1	1,2	2,26	0,205
11	Шелен – устье	42	1,07	3,4	1,48
12	Отуз – устье	77	0,74	1,82	0,003
13	Стиля - устье	25	2,64	7,74	0,667
14	Биок-Узенбаш – устье	12	22,7	48,0	5,65
15	Кучук-Узенбаш – устье	21	10,5	22,38	2,62
16	Манаготра - устье	10	3,92	10,84	1,24
17	Узунджа - устье	46,6	4,23	11,52	1,16
18	Байдарка - устье	62,8	0,38	16,46	5,71
Реки западного Южного бережья					
19	Учан-Су – устье	28,9	10,9	16,46	5,71
20	Дерекойка - устье	51	11,9	25,73	3,75
21	Авунда – устье	24	3,7	9,15	0,87
22	В. Путамиш – выше арыка	2,46	6,1	15,7	1,79
23	В. Путамиш – устье	14,5	4,2	11,45	1,15
24	Улу-Узень - устье	75,7	6,1	11,4	2,1
Реки восточного Южного бережья					
25	Куру-Узень – устье	14,4	1,93	7,05	1,13
26	Ворон – устье	52	2,58	12,05	0
27	Ай-Серез – устье	20,6	1,60	6,09	0
28	Таракташ – устье	161	0,85	3,13	0
Реки северо-западных склонов Главной гряды Крымских гор					
29	Зап. Булганак – Трёхпрудное	19	8,084	19,83	2,5

ОБОБЩЕНИЕ НАБЛЮДАЕМЫХ НА РЕКАХ КРЫМА...

30	Западный Булганак – устье	180	0,637	2,34	0,125
31	Альма – Красноармейское	607	1,48	5,43	0,238
32	Альма - устье	635	1,32	4,93	0,208
33	Сухая Альма – устье	30	8,08	19,86	2,5
34	Эски-Кышав – устье	84,5	18,9	40,63	6,8
35	Кача – устье	575	1,5	3,73	0,23
36	Коккозка – устье	83,8	9,9	23,6	4,33
37	Коса – устье	38	4,43	12,0	1,23
38	Бодрак – Трудолюбовка	44	10,87	25,5	3,54
39	Бодрак – устье	74,4	2,21	6,67	0,54
40	Чурук-Су – устье	68,2	9,55	22,87	3,04
41	Ураус-Дереси – устье	42,3	5,51	14,39	1,59
42	Сухая Речка - устье	51,7	9,4	22,56	2,98
43	Ай-Тодорка - устье	38,1	2,74	7,99	0,7
Реки северных склонов Главной гряды Крымских гор					
44	Ангара – устье	61,9	3,5	9	0,764
45	Малый Салгир – устье	96,1	2,68	7,52	0,968
46	Зуя – устье	421	1,71	4,58	0,566
47	Бешперек - устье	82,7	1,20	2,5	0,403
48	Бурульча - устье	244	0,97	3,68	0,264
Продолжение табл. 4					
1	2	3	4	5	6
49	Сары-Су - устье	127	2,11	6,41	0,152
50	Кучук-Карасу - устье	255	1,29	5,36	0,212
Реки северо-восточных склонов Главной гряды Крымских гор					
51	В. Булганак – устье	485	2,8	8,14	0,714
52	Су-Индол – устье	324	1,204	5,96	0,206
53	Салы – устье	44	2,638	7,73	0,664
54	Кургинская – устье	20,5	2,068	6,3	0,50
55	Сухой Индол – устье	156	1,313	4,3	0,293
56	Чорох-Су – устье	126	2,071	6,31	0,51
57	Соляная - устье	21	3,304	9,35	0,869

Из табл. 4 видно, что формулы (1), (2), (11), (12) позволили рассчитать значения максимального и минимального модулей годового стока для площадей водосборного бассейна от 2,46 – 3759 км².

ВЫВОДЫ:

1. Для крымских рек получены соотношения с индексами корреляции 0,997 и 0,942, связывающие наблюдаемые максимальный и минимальный среднегодовые модули стока со средним многолетним модулем стока.

2. Показано, что для крымских рек обеспеченность максимальных и минимальных среднегодовых стоков равна, в среднем, 8,1% и 94%.

3. Теоретические расчёты по биномиальному распределению и трёхпараметрическому гамма-распределению дают заниженные значения максимального среднегодового стока и завышенные значения минимального

среднегодового стока.

4. Определены максимальный и минимальный среднегодовые модули стока для 57-ми крымских рек, на которых отсутствуют гидропосты.

Список литературы:

1. Валесян В.П. Исследования стока горных рек Армянской ССР. – М.: изд-во АН СССР, 1955. – 180 с.
2. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: Справочник /Под ред. З.В. Тимченко. – Симферополь: Доля, 2007. – 218 с.
3. Железняков Г.В., Неговская Т.А., Овчаров Е.Е. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. – М.: Колос, 1984. – 205 с.
4. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: ГМИ, 1984. – 448с.

Тимченко З.В. Узагальнення максимумів і мінімумів річного стоку, які спостерігались на річках Криму

У результаті узагальнення даних спостережень на річках Криму отримано співвідношення для розрахунку модулів максимального і мінімального стоку

Ключові слова: річний сток, модуль стоку

Timchenko Z.V. Generalization the observations of maximum and minimum the year flowing for the rivers of Crimea.

As a result of supervisions the correlations for calculation of maximal and minimum annual flow's modules for Crimean rivers are got.

Key words: year flowing, modul of flowing

Статья поступила в редакцию 25.07.2008 г