

Боровский Б.И., д.т.н., проф.,  
Тимченко З.В., к.геогр.н., доц.

## ОБОБЩЕНИЕ ДАННЫХ ПО НАИБОЛЬШИМ МАКСИМАЛЬНЫМ СРОЧНЫМ РАСХОДАМ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ СЕВЕРНЫХ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫХ СКЛОНОВ КРЫМСКИХ ГОР

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,  
Симферополь, Украина*

**Abstract.** With the use of the complexes generalization of most maximal urgent expenses of rain water floods for the rivers of north and north-eastern slopes of the Crimean mountains is conducted. Calculation correlations with the high values of correlation index are got as a result.

**Keywords:** rain floods, descriptions of river areas, most maximal urgent expenses of water.

**Аннотация.** С использованием комплексов, полученных на основании теории размерностей, проведено обобщение наибольших максимальных срочных расходов воды дождевых паводков для рек северных и северо-восточных склонов Крымских гор. В результате получены расчётные соотношения с высокими значениями индекса корреляции.

**Ключевые слова:** дождевые паводки, теория размерностей, характеристики участков реки, наибольшие максимальные срочные расходы воды

**Постановка проблемы.** Зимне-весенние и летне-осенние паводки характеризуются наибольшими максимальными срочными расходами воды. Такие расходы часто приводят к наводнениям. Учёт этих расходов воды имеет важное практическое значение для определения размеров водопропускных устройств железнодорожных и автодорожных магистралей, водохранилищ, прудов и гидротехнических сооружений. В связи с отсутствием на многих реках гидрометрических наблюдений необходимы соотношения для расчёта наибольших максимальных срочных расходов в этих условиях.

**Анализ публикаций.** В случае отсутствия гидрометрических наблюдений в работе [1] предложена система эмпирических соотношений, не относящаяся, в частности, к рекам Крыма. В работе [2] для рек Крыма проведено обобщение экспериментальных данных по состоянию на 1962 год в виде зависимости модуля стока от площади водосборного бассейна F:

$$M_{\text{макс}} = V/(F + 1)^n;$$

где V и n – эмпирические величины.

Обобщение проведено по данным почти полувековой давности, поэтому в настоящее время не даёт положительных результатов. К тому же изменилась информация по дождевым паводкам после 1962 г. Тёплый период: Салгир – Пионерское 21,4 (1960 г.) и 116 м<sup>3</sup>/с (1972 г.); Бурульча – Межгорье 18,5 (1966 г.) и 38,2 м<sup>3</sup>/с (1969 г.); Биюк-Карасу – Белогорск 27,2 (1933 г.) и 43,6 м<sup>3</sup>/с (1964 г.); Биюк-Карасу – Зыбины 21,9 (1949 г.) и 50,6 м<sup>3</sup>/с (1981 г.). Помимо этого, появилась возможность использования данных рек Кизил-Коба – Краснопещерное, Ангара – Перевальное, М.Салгир – Симферополь и Биюк-Карасу – Карасёвка. Кроме этого, за счёт увеличения статистики происходит уменьшение вероятности обеспечения максимальных расходов.

Следует считаться с мнением [3], что обобщение только по площади водосбора не может привести к положительным результатам.

В работе [4] с использованием положений теории размерностей получены безразмерные комплексы для обобщения наибольших максимальных срочных расходов дождевых паводков  $Q_{\max}$ :

$$K_1 = Q_{\max} \tau_{\text{п}} / L^3; \quad (1)$$

$$K_2 = F / L^2; \quad (2)$$

$$K_3 = H / L, \quad (3)$$

где  $\tau_{\text{п}}$  - продолжительность подъёма паводка (с.);  $F$  – площадь водосбора участка реки (м<sup>2</sup>);  $L$  – длина участка реки (м);  $H$  – падение участка реки (м).

Исследования показали, что использование комплекса  $K_1$  не всегда даёт положительные результаты из-за трудности определения  $\tau_{\text{п}}$ .

**Цель статьи.** Обобщение данных по наибольшим максимальным срочным расходам дождевых паводков на реках Крыма для получения расчётных соотношений.

**Основная часть.** В комплексе (1) вместо  $\tau_{\text{п}}$  используем продолжительность паводка  $T_{\text{п}}$ , выражение для которой предложено в работе [5]:

$$T_{\text{п}} = 5 + 7,5 \lg (F + 1), \text{ сут.} \quad (4)$$

Тогда комплекс  $K_1$  примет вид

$$K_4 = Q_{\max} T_{\text{п}} / L^3. \quad (5)$$

Теория размерностей допускает умножение (деление) безразмерных комплексов на размерные постоянные величины. Поэтому можно перейти к принятым в практике размерностям в формулах (2) – (5):

$Q_{\max}$  – м<sup>3</sup>/с;  $T_{\text{п}}$  – сут.;  $F$  – км<sup>2</sup>;  $L$  – км;  $i = H/L$  – м/км, уклон реки.

Для обобщения данных по  $Q_{\max}$  используем комплексы  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$  и соотношение (4), записав критериальную связь:

$$Q_{\max} T_{\text{п}} / L^3 = f(F/L^2, i). \quad (6)$$

В Государственном водном кадастре приведены данные по  $Q_{\max}$  для рек северных и северо-восточных склонов крымских гор в холодный и

тёплый периоды года. Эти данные в качестве примера приведены в табл. 1 (холодный период).

Отметим, что из имеющейся статистики по этой группе рек исключены данные по гидропостам Салгир – Гвардейское и Салгир – Двуречье, т.к. интенсивность паводков на них зависит от регулирования на Симферопольском водохранилище.

Таблица 1.

Исходные данные (холодный период)

№ п/п	Река - пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , км	$i$ , м/км	$F/L^2$	$Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /с	$P$ , %	$\lambda$	$Q_{max1\%}$ , м <sup>3</sup> /с
1	Су-Индол – Тополевка	71	14	25	0,362	19,4	1,9	0,83	23,4
2	Салгир - Пионерское	262	9,0	11,1	3,22	29	3,7	0,7	41,4
3	Кизил-Коба – Краснопещерное	16,8	2	105	4,2	8,04	5,5	0,6	13,4
4	Салгир – Симферополь	321	21	7,48	0,73	71,3	2,6	0,79	90,3
5	Ангара – Перевальное	38,3	5,8	32,6	1,139	21,4	3,2	0,72	29,7
6	М.Салгир – Симферополь	96	21	21,8	0,218	4,45	5,5	0,60	7,4
7	Бештерек – Мазанка	30	15	26,3	0,133	3,54	5,2	0,61	5,8
8	Бурульча – Межгорье	85	18	33,8	0,262	18,1	2,6	0,79	22,9
9	Биюк-Карасу – Белогорск	275	11	15,5	2,273	50,6	2,3	0,82	61,7
10	Биюк-Карасу – Зыбины	601	41	5,34	0,358	20,5	4,3	0,65	31,5
11	Биюк-Карасу – Калиновка	1140	62	4,22	0,297	71,3	2,7	0,78	91,4
12	Биюк-Карасу – Карасёво	3,5	2,3	56,2	0,66	21,5	16,7	0,42	51,2

Обеспеченность  $P$  определялась по формуле [ 1]:

$$P = [(m / (n + 1)) \cdot 100\%, \quad (7)$$

где  $m$  – номер значения максимального срочного расхода в ранжированном ряду;  $n$  – количество лет наблюдения.

С помощью ряда максимальных срочных расходов по формуле (7) определим значение переходного коэффициента  $\lambda$  в зависимости от  $P$  (табл.2).

Таблица 2.

Значения коэффициента  $\lambda$ 

Холодный период						Тёплый период					
Обеспеченность $P, \%$						Обеспеченность $P, \%$					
0,1	1	2	5	10	25	0,1	1	2	5	10	25
1,3	1	0,84	0,61	0,46	0,32	1,5	1	0,83	0,61	0,47	0,28

С помощью значений коэффициента  $\lambda$  наблюдаемые значения  $Q_{max}$  пересчитаны в наибольший максимальный срочный расход 1%-ой обеспеченности  $Q_{max1\%}$ .

Это позволило преобразовать комплекс  $K_4$  (5) в вид:

$$K = Q_{max1\%} T_n / L^3 \quad (8)$$

и скорректировать соответствующим образом выражение (6):

$$K = f(F/L^2, i).$$

В результате обобщения данных при исходных параметрах:  $F = 3,5 - 1140 \text{ км}^2$ ;  $L = 2 - 62 \text{ км}$ ;  $i = 4,22 - 105 \text{ м/км}$ ;  $F/L^2 = 0,133 - 4,2$  для холодного и тёплого периодов получены следующие соотношения.

Холодный период ( $Q_{max} = 3,54 - 71,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ) при индексе корреляции 0,998:

$$K = 1,22i - 22,6 \frac{F}{L^2} - 10,5 \quad (\text{при } i > 30 \text{ м/км и } F/L^2 \geq 0,6);$$

$$K = 0,042 + 0,484 \frac{F}{L^2} - 0,0262i \quad (\text{при } i < 30 \text{ м/км и } F/L^2 \geq 0,6);$$

$$K = 1,79 \left( \frac{F}{L^2} \right)^{2,35} + 0,0046i - 0,115 \quad (\text{при } 4 < i \leq 35 \text{ м/км и } 0,13 < F/L^2 < 0,6).$$

Тёплый период ( $Q_{max} = 11,6 - 118 \text{ м}^3/\text{с}$ ) при индексе корреляции 0,999:

$$K = 0,944i - 10,6 \frac{F}{L^2} - 14,6 \quad (\text{при } i > 30 \text{ м/км и } F/L^2 \geq 0,6);$$

$$K = 0,66 + 2,33 \frac{F}{L^2} - 0,029i \quad (\text{при } i < 30 \text{ м/км и } F/L^2 \geq 0,6);$$

$$K = 0,193 \left( \frac{F}{L^2} \right) + 0,0058i - 0,077 \quad (\text{при } 4 < i \leq 35 \text{ м/км и } 0,13 < F/L^2 < 0,6).$$

Среднеквадратичная ошибка определения  $Q_{max1\%}$  составляет для холодного периода  $44,7 \text{ м}^3/\text{с}$ , для теплого периода  $30 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Весьма приближенная связь, характеризующая влияние среднемноголетнего расхода  $Q$ , имеет вид:

$$Q_{max1\%}^X / Q = 165 - 330Q \quad (\text{при } Q < 0,4 \text{ м}^3/\text{с});$$

$$Q_{max1\%}^X / Q = 120 - 50Q \quad (\text{при } Q > 1,3 \text{ м}^3/\text{с});$$

$$Q_{max1\%}^T / Q_{max1\%}^X = 4,7 - 9Q \quad (\text{при } Q < 0,4 \text{ м}^3/\text{с});$$

$$Q_{max1\%}^T / Q_{max1\%}^X = \frac{6,7}{Q} - 2,9 \quad (\text{при } Q > 1,3 \text{ м}^3/\text{с});$$

Уменьшение  $Q$  ведёт к росту отношения расходов.

Результаты расчёта по формулам для  $K$  для двух рек, приведены в табл. 3.

## Результаты расчёта

Устье реки	$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , км	$F/L^2$	$i$	$Q_{\max 1\%}$	
					холодный период	тёплый период
Сары-Су	127	27,7	0,166	21,8	11,8	83,1
Салы	44	14	0,224	36	16,3	27,6

Следует отметить, что со временем происходит изменение объёма информации по паводковым стокам. Это потребует корректировки расчётных соотношений.

**Выводы:**

1. Предложена совокупность комплексов для наибольших максимальных срочных расходов дождевых паводков.

2. В результате обобщений получены аналитические соотношения с высокими индексами корреляции, позволяющие рассчитать наибольшие максимальные срочные расходы дождевых паводков для рек северных и северо-восточных склонов Крымских гор.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Ленинград: ГМИ, 1984. – 448 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т.6. Украина и Молдавия. – Вып. 4. Крым. – Ленинград: ГМИ, 1966. – 344 с.
3. Соколовский Д.Л. Речной сток. – Ленинград: ГМИ, 1952. – 492 с.
4. Тимченко З.В. Применение теории размерностей для обобщения наибольших срочных максимальных расходов воды // Учёные записки ТНУ им. В.И. Вернадского. – Т. 21 № 2 «География». – Симферополь, 2008. – С. 285 – 298.
5. Гопченко Е.Д., Романчук М.Е. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности. – Киев: КНТ, 2005. – 148 с.