

УДК 556.166/167

**МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ РЕК ИЛЕЙСКОГО АЛАТАУ**

А.Г. Чигринец

*Исследованы условия формирования максимального стока рек Илейского Алатау, выполнены расчеты по определению его характеристик для основных рек и некоторых их притоков, проведен анализ соотношения максимальных срочных и среднесуточных расходов воды.*

Максимальный сток рек – одна из важнейших гидрологических характеристик, которая широко используется для различных целей и требует постоянного внимания и уточнения. Завышение максимальных расходов воды рек может увеличить стоимость проектируемых водохозяйственных сооружений и мероприятий и уменьшить их эффективность, а занижение может привести к катастрофам (разрушение гидротехнических сооружений, населенных пунктов, гибель людей и др.).

Определение максимального стока горных рек представляет особо трудную задачу, что обусловлено слабой гидрометеорологической изученностью горных водосборов, методическими и техническими трудностями измерений расходов воды в горных условиях, а также рядом специфических особенностей формирования максимальных расходов воды, таких как:

- более резкая изменчивость комплекса физико-географических факторов в пространстве и во времени, обусловленная вертикальной и экспозиционной дифференциацией подстилающей поверхности, а также интенсивностью и неустойчивостью атмосферных процессов;

- особые гидравлические условия в русле и неустойчивость зависимости между расходами и уровнями воды;

- явно выраженная неоднородность снеготаяния в горных условиях по высотным зонам, обусловленная вертикальной протяженностью горных водосборов;

- многопиковая форма половодья и смешанный генезис максимальных расходов воды, обуславливающие слабую связь между максимумом и объемом половодья и др.

Всё вышеперечисленное характерно и для условий формирования максимального стока рек в Илейском Алатау.

Максимальные расходы воды рек Илейского Алатау формируются тальными снеговыми, ледниковыми, а также ливневыми водами, чаще всего они имеют смешанное происхождение. Характерна возможность перерастания максимальных расходов воды в селевые потоки. Илейский Алатау – один из самых селеопасных районов не только Казахстана, но и СНГ.

Наибольшие в году расходы воды на реках высокогорного пояса, со средними высотами более 3200 м абс., преимущественно снеголедникового происхождения. На реках со средними высотами водосборов в пределах от 1500 до 3200 м абс. максимальные расходы могут формироваться при совпадении ливневых осадков с интенсивным снеготаянием и при выпадении ливней во время интенсивного ледникового стока. На реках этой зоны, не имеющих ледников, могут наблюдаться дождевые максимумы. На реках низкогорно-предгорной зоны, имеющих среднюю высоту бассейна  $< 1500$  м абс. и  $F < 1000$  км<sup>2</sup>, максимумы формируются от таяния сезонного снега, от совпадения ливней с интенсивным снеготаянием, либо могут быть ливневого происхождения.

Статистические характеристик максимальных расходов приведены в статье только по основным рекам рассматриваемого района при выходе из гор, а также по некоторым их притокам (табл. 1).

Вследствие сложности условий формирования, расчленения стока воды по источникам питания рек района, а также из-за того, что максимальные расходы воды здесь в основном смешанного происхождения, в основы расчета характеристик максимального стока приняты наибольшие за год расходы воды, независимо от их происхождения. Аналогичное решение содержится в работе [7], которое принято путем сравнения максимумов половодья и дождевых паводков с максимальными расходами за год.

Исходными материалами для выполнения исследований послужили данные наблюдений за стоком воды на гидрологических постах РГП «Казгидромет» по 2000 г. включительно. В данной работе исследованы срочные максимальные расходы воды, которые обычно больше среднесуточных. По данным [7], отношения срочных и среднесуточных максимальных расходов в рассматриваемом районе составляют 3...3,5 для площадей водосборов порядка 10 км<sup>2</sup>, 1,5...2 – для площадей водосборов около 100 км<sup>2</sup> и 1...1,3 – для площадей водосборов  $> 1000$  км<sup>2</sup>.

Таблица 1

Максимальные расходы воды ( $Q_{0max}$ ), среднемноголетние и различной обеспеченности, рек горно-предгорной зоны Илейского Алатау (системы рек Киши и Улькен Алматы приведены подробнее)

Река-пункт	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м абс	Период наблюдений		Средний за период наблюд., $Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /с	За многолетний период			Максимальные расходы воды различной обеспеченности, м <sup>3</sup> /с					
				Годы	Число лет		$Q_{0max}$ , м <sup>3</sup> /с	Коэффициент вариации, $C_v$	Коэффициент асимметрии, $C_s$	1 %	3 %	5 %	10 %	20 %	
Шилик – с. Малыбай	63	4300	2560	1928...1982	55	147,5	148	0,28	2 $C_v$	295,1	251,2	230,5	202,3	174,1	
Турген – с. Таутургенъ	73	614	2750	1983...1997	14	113,5	118	0,18	2 $C_v$	173,1	161,2	155,0	146,0	135,5	
Есик – г. Есик	98	256	2990	1932...1997	66	42,0	42,0	0,39	0,93	94,9	80,2	73,5	63,8	54,2	
Талгар – г. Талгар	115	444	3240	1931...1962	32	16,7	16,5	0,25	2 $C_v$	27,6	25,1	23,8	22,0	19,8	
Каскелен – г. Каскелен	138	290	2680	1964...1988	24	22,1	22,1	0,36	2 $C_v$	44,7	39,3	36,6	32,7	28,4	
Шамалган – с. Шамалган	115	444	3240	1928...1993	66	42,0	42,2	0,30	2,91	79,8	69,7	65,1	58,8	51,7	
Узын Каргалы – п. Фабричный	138	290	2680	1928...1997	70	21,9	19,6	0,31	1,66	41,6	36,4	33,9	30,7	26,9	
Улькен Алматы - в 2 км выше озера Большого Алматинского	60,8	139	2450	1928...1988	61	5,36	5,50	0,63	2 $C_v$	18,25	14,3	12,5	9,90	7,48	
Улькен Алматы - в 2 км выше устья	101	344	2590	1928...1988	62	13,9	13,9	0,40	2,38	45,0**	33,5**	25,0**	20,4	17,1	
<b>Бассейн реки Улькен Алматы (Большая Алматинка)</b>															
Улькен Алматы - в 2 км выше озера Большого Алматинского	87	71,8	3590	1927...1988	62	13,9	13,9	0,40	2,38	45,0**	33,5**	25,0**	20,4	17,1	
Улькен Алматы - в 2 км выше устья	87	71,8	3590	1928...1997	46	9,05	9,05	0,28	1,48	17,9	15,1	14,0	12,4	10,9	
Кумбель - устье	0,9	22,4	3250	1952...1997	46	3,49	3,10	0,48	1,60	20,0**	12,6**	8,89**	5,06	4,08	
Серкебулак - устье	0,1	5,00	3220	1952...1997	46	0,86	0,86	0,50	1,50	2,19	1,84	1,67	1,44	1,18	
Улькен Алматы – в 2 км выше устья	73	155	3120	1958...1997	40	0,86	0,86	0,50	1,50	2,19	1,84	1,67	1,44	1,18	
Улькен Алматы – в 2 км выше устья	73	155	3120	1952...1997	46	9,55	9,55	0,36	1,43	19,4	17,4	16,2	14,7	12,8	

Река-пункт	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м абс	Период наблюдений		Средний за период наблюд., $Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /с	За многолетний период			Максимальные расходы воды различной обеспеченности, м <sup>3</sup> /с					
				Годы	Число лет		$Q_{0max}$ , м <sup>3</sup> /с	Коэффициент вариации, $C_v$	Коэффициент асимметрии, $C_s$	1 %	3 %	5 %	10 %	20 %	
р. Проходная															
Проходная - устье	1,4	82,0	3160	1952...1997	46	8,22	8,38	0,35	1,40	19,4	16,2	14,8	12,6	10,6	
Руч. Тересбутак - устье	1,0	31,0	2250	1947...1999	53	3,39	3,41	0,92	3,22	15,2	10,8	8,93	6,75	4,81	
Улькен Алматы - в 2 км ниже устья ручья Тересбутак	69	280	2990	1932...1940, 1943...1949, 1951	17	23,4	23,4	0,29	0,91	49,2*	44,2*	39,5*	35,0*	29,2*	
р. Боролдай (Бурундай) – пгт. Боролдай	22	-	-	1965...1974	10	1,58	1,58	1,30	2 $C_v$	14,6*	12,0*	9,0*	6,15*	2,92*	
(Джигитовка) – мкр. Трудовик	14	-	-	1965...1974	10	0,24	0,26	0,83	2 $C_v$	1,03	0,80	0,69	0,54	0,40	
<b>Бассейн реки Киши Алматы (Малая Алматинка)</b>															
Киши Алматы – г. Алматы	106	118	2560	1916...1917, 1927...2000	76	12,03	12,03	0,72	2,27	59,0*	47,5*	33,0*	21,3*	15,0*	
Кимасар - устье	0,5	7,60	2340	1935...1972 1944,	38	1,19	1,19	1,40	4,51	14,0*	10,0*	5,50*	2,00*	1,42	
Бутак (Бутаковка) - мкр.Бутак	4,5	17,2	2120	1947...1978, 1980...1989	43	2,32	2,32	1,09	2 $C_v$	18,2*	12,8*	8,00*	4,92	3,03	
Бутак - устье	0,1	24,8	1960	1950...1969	20	2,73	2,73	0,80	2,5 $C_v$	16,8*	13,2	9,60*	5,70*	3,78	
Пр. Есентай (Весновка) - г. Алматы (База МВД)		(28,0)		1965...1971, 1973...75	10	0,14	0,14	0,49	2 $C_v$	0,41*	0,36*	0,31*	0,26*	0,19	
Пр. Жарбулак (Казачка) – г. Алматы	8,4	-		1963, 1976...1980	6	1,30	1,30	-	-	-	-	-	-	-	
Ремизовка –	6,0	4,24	1750	1948...1951,	26	0,19	0,19	0,84	2,5 $C_v$	1,01*	0,78*	0,57*	0,4	0,30	

Река-пункт	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора, м абс	Период наблюдений		Средний за период наблюд., $Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /с	За многолетний период			Максимальные расходы воды различной обеспеченности, м <sup>3</sup> /с				
				Годы	Число лет		$Q_{0max}$ , м <sup>3</sup> /с	Коэффициент вариации, $C_v$	Коэффициент асимметрии, $C_s$	1 %	3 %	5 %	10 %	20 %
с. Ремизовка				1953...1959, 1961, 1963...1973, 1976, 1978, 1980 1948...1951, 1953...1961,										
Терисбулак (Каменка) – сан. Каменское Плато	7,0	6,59	1640	1963...1973, 1976, 1978, 1980	26	0,17	0,14	0,56	2Cv	0,50*	0,44*	0,38*	0,32*	0,25*
Султан-Карасу – с.Покровка	0,03	-	-	1964...1967, 1978	5	4,48	4,48	0,21	2Cv	6,95	6,41	6,13	5,73	5,25
Мойка (Мойка-Карасу) - устье	3,0	-	-	1968...1980	12	0,51	0,51	0,56	2Cv	1,85*	1,60*	1,31*	1,08*	0,80*
Зап. Теренкара (Теренькара 1) - свх Алма-Ата (винсовхоз)	24	-	-	1965...1967, 1969...1970, 1972...1979	13	2,66	2,77	0,36	0,40	5,37	4,80	4,52	4,09	3,59
ручей Ащыбулак – с. Карасу	25	-	-	1965...1967, 1974, 1976...1979	8	0,60	0,60	0,39	2Cv	1,45	1,17	1,07	0,91	0,78

Примечание: \* - расходы, полученные по эмпирической кривой;

\*\* - расходы, полученные по усеченной кривой ( $C_s=6,4$ ).



Значения этих переходных коэффициентов, рассчитанные автором, приведены ниже в табл. 2.

Таблица 2

Соотношение максимальных срочных и среднесуточных расходов воды по опорным пунктам рек Илейского Алатау

Река-пункт	Среднее	Максимальное	Минимальное
Шилик – с.Малыбай	1,23	1,68	1,05
Турген – с. Таутургенъ	1,46	2,62	1,00
Есик – г. Есик	1,03	1,47	1,00
Талгар - г. Талгар	1,28	2,79	1,00
Каскелен – г. Каскелен	1,44	1,91	1,03
Шамалган – с. Шамалган	1,19	1,43	1,03
Аксай-кордон Аксайский	1,20	1,82	1,00
Улькен Алматы-ниже устья р.Тересбутак	1,44	2,95	1,06
Киши Алматы – турбаза Туюсу	1,46	2,18	1,00
Киши Алматы – г. Алматы	1,68	7,20	1,00
Узын Каргалы – п. Фабричный	1,59	4,04	1,09

Исходные данные о максимальных расходах воды проверены на однородность с применением интегральных кривых и оценены на репрезентативность по разностным интегральным кривым максимальных расходов воды. Перед этими оценками предварительно произведен анализ имеющихся данных наблюдений за максимальными расходами воды, и по возможности восстановлены пропуски в наблюдениях с использованием сведений по пунктам-аналогам, данных о среднесуточных расходах воды в расчетном створе, о максимальных расходах воды в годы аналогичной водности в расчетном створе и другими способами.

Как отмечено выше, для рассматриваемого района характерен переход выдающихся водных паводков в селевые потоки. Учет селевых расходов в общем ряду наблюдений за максимальными расходами приводит к значительному увеличению параметров максимального стока, вызывает неоднородность ряда (рис. 1). Поэтому максимальные расходы селей из анализируемых рядов были исключены по требованиям учета генезиса.

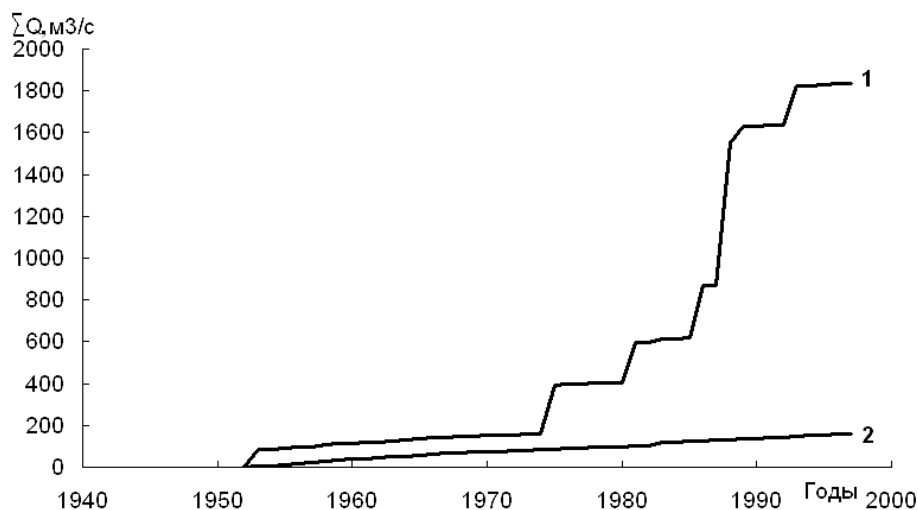


Рис. 1. Интегральные кривые максимальных расходов воды р. Кумбель – устье. 1- с селевыми расходами, 2- без селевых, заменённых максимальными восстановленными расходами.

Выявлено, что вследствие имеющейся асинхронности колебаний максимальных расходов воды по различным постам общим расчетным периодом может быть период с 1934 по 1996 гг. (или по 1991 г.), так как внутри этого периода по разным рекам во многих случаях наблюдается асинхронность колебаний стока. Поэтому более короткие репрезентативные периоды могут для разных рек не совпадать как по длительности, так и по хронологии.

По гидропостам р. Шилик – с. Малыбай и р. Есик – г. Есик, на которых ряды максимальных расходов воды неоднородны: на гидропосту р. Шилик – с. Малыбай из-за введения в действие в 1983 г. водохранилища Бартогай, а на гидропосту р. Есик – г. Есик – из-за исчезновения озера Есик вследствие прохождения селя 1963 г., общие ряды наблюдений разбиты на два периода.

Одним из основных этапов работы было определение статистических параметров максимальных расходов воды по данным фактических наблюдений. Норма максимальных расходов воды, коэффициенты вариации, коэффициенты асимметрии рассчитаны двумя методами: методом моментов и графоаналитическим методом Г.А. Алексеева [3]. По обоим методам получены результаты близкие, с небольшим расхождением. При-



нятые автором в результате расчетов статистические характеристики максимальных расходов воды приведены ранее в табл. 1.

Ошибки расчета нормы максимальных расходов воды колеблются от 3,69 % (р. Талгар - г. Талгар) до 26,2 % (р. Джигитовка – мкр. Трудовик), преимущественно составляя менее 10 %. Лишь в двух случаях ошибка превысила 20 % (р. Джигитовка – мкр. Трудовик и р. Кимасар - устье). Величина нормы максимального расхода по р. Боролдай – пгт. Боролдай приведена ориентировочно. Ошибки расчета коэффициента вариации находятся в пределах от 2,84 % (р. Талгар – г. Талгар) до 35,6 % (р. Кимасар - устье). При этом величина ошибок имеет допустимые пределы (менее 10 %), лишь в трех случаях превышая 20 % (р. Кимасар - устье, р. Джигитовка - мкр. Трудовик и р. Бутак (Бутаковка) - мкр. Бутак (с. Бутаковка).

По кривым обеспеченности максимальных расходов воды определены максимальные расходы различной обеспеченности (см. табл. 1). В отдельных случаях использованы усеченные кривые и эмпирические кривые обеспеченности. Одна из кривых в качестве примера приведена на рис. 2.

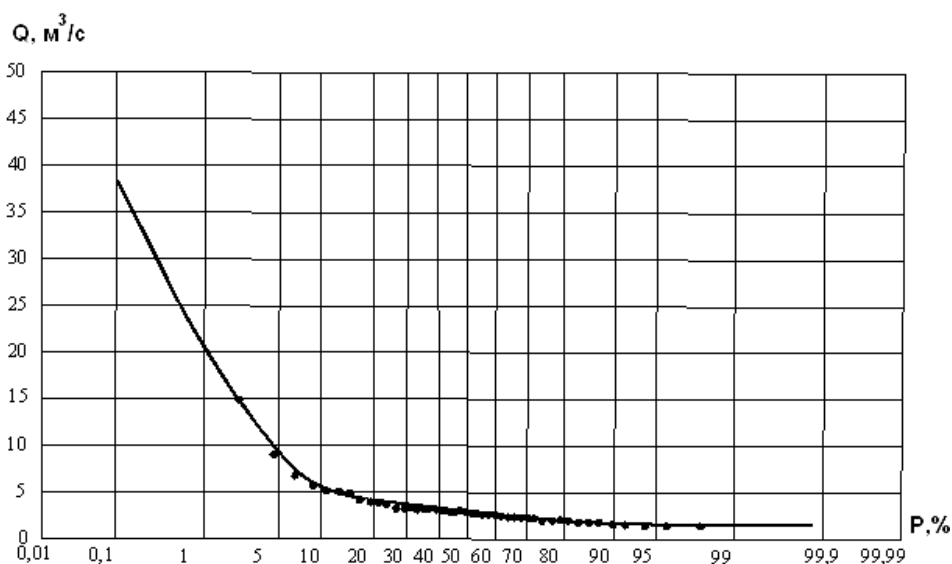


Рис.2. Кривая обеспеченности максимальных расходов воды (усеченная)  
р. Кумбель - устье

Усеченные кривые обеспеченности проводились в тех случаях, когда на эмпирической кривой имеются расходы малой обеспеченности, резко отклоняющиеся от основной кривой. Рекомендации о проведении усеченных кривых содержатся в [2, 4, 5]. Применение усеченных кривых позволяет более надежно проводить кривые обеспеченности в части редкой повторяемости.

Для определения максимальных расходов воды при недостаточности или отсутствии данных наблюдений и расходов селевых потоков можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в [4-7].

При прохождении селевых потоков максимальные их расходы достигают катастрофических значений. Так, в 1950 г., при прохождении селя в бассейне р. Кумбель (приток р. Улькен Алматы) расход достигал 972 м<sup>3</sup>/с, а на р. Улькен Алматы в 2 км выше устья р. Проходная – 322 м<sup>3</sup>/с. Ещё более высокие расходы отмечались на р. Улькен Алматы при прохождении селя 1977 г. (до 11000 м<sup>3</sup>/с у ГЭС №2) [1]. Во время прохождения селевого потока 1921 г. по р. Киши Алматы его расход в створе гидрологического поста г. Алматы достигал 920 м<sup>3</sup>/с, а в 1973 г. во время селя на этой же реке при входе в селехранилище в урочище Медео он оценен величиной около 30000 м<sup>3</sup>/с [1]. При выпадении выдающихся максимумов ливневых осадков в Илейском Алатау сели носят массовый характер, как это было, например, в 1921 г.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бижанов Н.К., Виноходов В.Н., Кулмаханов Ш.К. и др. Безопасность и контроль гляциальных селей в Казахстане. – Алматы: Ғылым, 1998. – 101 с.
2. Гальперин Р.И. Нюансы статистической интерпретации гидрологических рядов. Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии» - Алматы: КазНИИМОСК, 2001. - С.103-105.
3. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – С.1-144.
4. Кендалл М., Стьюарт А. Теория распределений. - М.: Наука, 1966. – 587 с.
5. Методические рекомендации по составлению справочника по водным ресурсам СССР. - Л.: ВНИГЛ, 1962. - Вып.7, ч.1. – 108 с.

6. Рекомендации по проектированию противоселевых защитных сооружений. - М., 1985. – 110 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Бассейн оз. Балхаш.- Л.: Гидрометеиздат, 1970. - Т.13, вып.2. - 643 с.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

## **ІЛЕ АЛАТАУ ӨЗЕНДЕРІНІҢ СУДЫҢ ЕҢ ЖОҒАРҒЫ ШЫҒЫНДАРЫ**

А.Г. Чигринец

*Іле Алатау өзендерінің ең жоғарғы ағынның қалаптасу жағдайлары зерттелген, негізгі өзендер және олардың кейбір салаларының сипаттамасын анықтау үшін есептер жүргізілген, судың ең жоғарғы жедел және орташа тәуліктік шығындары қатынасына талдау жүргізілген.*