

УДК 556.166

Канд.тех. наук
Канд.геогр. наук
Канд.геогр. наук

К.К. Дускаев¹
А.Г. Чигринец¹
А.К. Мусина¹
Ж.А. Жанабаева¹
С.Т. Ахметова¹
Е.К. Ермаш¹

ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК ГОРОДА АЛМАТЫ

Ключевые слова: малые реки, максимальные расходы воды, река-аналог, расчетный период, уравнение регрессии, кривые обеспеченности.

В статье собраны и восстановлены данные по максимальному стоку рек г. Алматы. Уточнены параметры максимальных расходов различной обеспеченности в исследуемом районе. Произведена оценка точности статистических параметров максимального стока.

Введение. Определение максимального стока горных и предгорных рек является первостепенной задачей при интенсивном освоении горных территорий и использовании водных ресурсов горных рек для удовлетворения потребностей сельского хозяйства, гидроэнергетики, промышленности, коммунально-бытового хозяйства и нужд других отраслей народного хозяйства, а также при выявлении туристическо-рекреационного потенциала региона, которые выдвигают ряд требований к повышению точности расчета максимальных расходов воды.

Город Алматы расположен в предгорьях северного склона хребта Иле Алатау на конусе выноса, который постепенно понижается с юга на север. Средняя высотная отметка города около 800 м БС. Исследуемый район в целом характеризуется наличием довольно разветвленной гидрографической сети (рис.1), состоящей из естественных рек, их рукавов, каналов и водохранилищ. Развитие гидрографической сети города обусловлена удачным географическим положением, благоприятными климатическими условиями, а также интенсивным освоением территорий в виде строительства каналов и водохранилищ.

¹КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

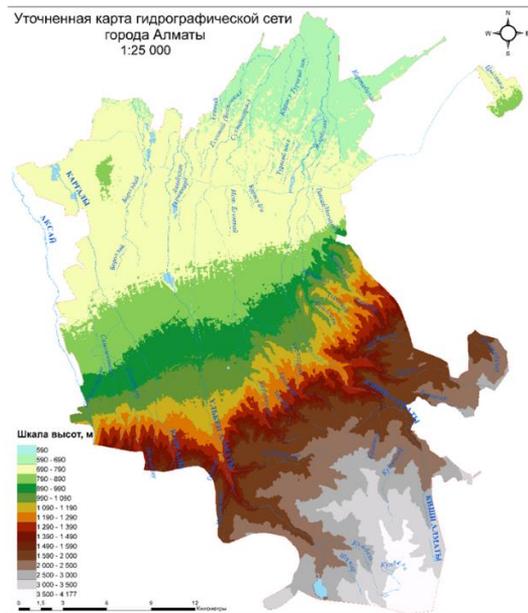


Рис. 1. Гидрографическая сеть г. Алматы

В связи с расширением границ города увеличивается число рек и водотоков, протекающих через город, в числе которых реки Киши и Улькен Алматы, Аксай, Каргалы, а также их притоки - Есентай (Весновка), Ремизовка, Жарбулак (Казачка), Карасу, и все они относятся к бассейну замкнутого стока озера Балкаш [16]. После выпадения большого количества осадков реки исследуемого района превращаются в бурные потоки с расходами, во много раз превышающими среднегодовые значения [13], что может привести к катастрофическим последствиям, как для гидротехнических сооружений и окружающей территории, так и для населенных пунктов, расположенных на берегах рек. В связи с этим точность определения максимальных расходов воды во многом определяет, размеры зон подтопления, устойчивость и безопасность сооружений, объектов хозяйствования, расположенных по берегам и в руслах рек. Вопросы повышения точности, надежности и эффективности расчетов максимальных расходов воды горных и предгорных рек г. Алматы за счет строгого статистического анализа исходных материалов – одна из актуальных задач гидрометобеспечения для устойчивого развития этого крупнейшего мегаполиса Казахстана.

Исходные данные. Для определения и расчета максимальных расходов воды рек исследуемого района использованы кадастровые данные по гидрологическим постам бассейна оз. Балкаш, входящим в состав стацио-

нарной сети РГП «Казгидромет», с начала ведения инструментальных наблюдений до 2015 года, а также материалы натуральных наблюдений, проводимых авторами в рамках выполнения гранта ИРН АР05130805 «Оценка влияния природных факторов и хозяйственной деятельности на состояние водных объектов урбанизированных территорий (на примере г. Алматы)» [1-8]. На территории города в настоящее время функционируют 13 гидрологических постов, тогда как общее количество действовавших составляло 33.

Методы исследования. Значительную роль в развитии методов расчета максимальных расходов воды сыграли исследования Г.А. Алексеева, А.Н. Бефани, М.А. Великанова, Ю.Б. Виноградова, К.П. Воскресенского, Г.П. Калинина, С.Н. Крицкого, М.Ф. Менкеля, А.А. Соколова, Д.Л. Соколовского, М.Ф. Срибного, А.В. Рождественского, А.И. Чеботарева и других авторов.

Оценка и исследование формирования максимальных расходов малых рек Илейского Алатау проводились рядом авторов в разные годы [9-12, 22-23]. Эти работы были направлены на исследования условий формирования максимального стока реки Киши Алматы и её притоков в нижнем течении, от нижней границы г. Алматы до устьевой части, количественная оценка поверхностных водных ресурсов в современных границах территории г. Алматы, выявление закономерностей изменения климатических характеристик, сбор сведений о гидрометеорологической изученности и хозяйственном использовании водных объектов.

Расчет максимальных расходов воды производится на основе надежных материалов гидрометрических наблюдений. Наблюдения за максимальными расходами воды в исследуемом районе проводятся с начала XX века (р. Киши Алматы – г. Алматы, с 1916 г.).

Оценка максимальных расходов воды проводится в зависимости от полноты рядов наблюдений и надежности исходных данных с применением методов, описанных в [19]. В практике гидрологических исследований и расчетов широко применяются статистические методы, в частности вероятностный метод с построением кривых обеспеченностей. Исследуемый регион характеризуется отсутствием длительных полных рядов наблюдений. Продолжительность периодов наблюдений за наибольшими расходами воды составляют от 5 до 86 лет.

Для выбора расчетного периода для всего исследуемого района построена разностная интегральная кривая (рис. 2), по которой определяется репрезентативность ряда наблюдений за периоды и лет.

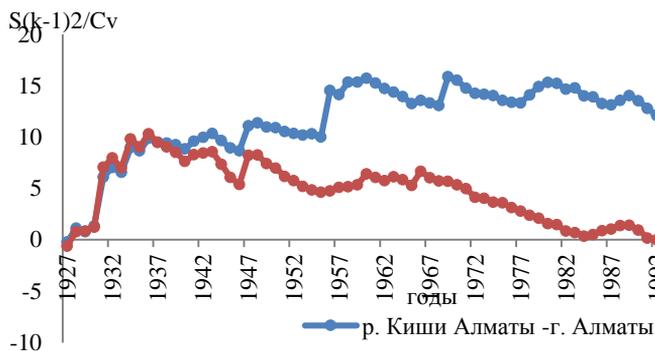


Рис. 2. Разностная интегральная кривая максимальных расходов воды рек Улькен и Киши Алматы

Расчетный период включает наибольшее число законченных циклов, состоящих из групп маловодных и многоводных лет, для рек в черте города Алматы расчетным периодом выбран 1940...2015 гг.

При определении параметров и коэффициентов расчетных формул максимальные расходы воды рек в пределах города Алматы должны быть приведены к многолетнему периоду с привлечением данных наблюдений пунктов-аналогов согласно [15, 20], где также подробно приведены требования к выбору рек-аналогов. Приведение гидрологических рядов и их параметров к многолетнему периоду осуществляется аналитическими методами. Для предварительного приведения допускается использование графических и графоаналитических методов. При восстановлении рядов максимальных расходов воды графическим методом построен график связи исследуемой реки с максимальным стоком реки-аналога (рис. 3). Синхронность колебаний максимального стока рек исследуемого района за совместный период наблюдений оценивается коэффициентом корреляции 0,71...0,88, что показывает наличие хорошей связи между исходными и восстанавливаемыми рядами. Ниже приведены выборочные сведения о восстановленных рядах, уравнениях регрессии, коэффициентах корреляции и реках аналогах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сведения о восстановленных рядах максимальных расходов воды, уравнениях регрессии, коэффициентах корреляции и створах-аналогах

Река-створ	Период наблюдений	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Восстановленные годы	Створ-аналог	Ошибка, %
Бассейн реки Киши Алматы						
р.Киши Алматы-г.Алматы	1940...1998, 2000...2001, 2003...2004, 2007...2015	$y = 0,50x + 2,10$	0,71	1999, 2002, 2005...2006	р. Проходная-устье	8,20
	1940...2002, 2004...2015	$y = 0,75x + 5,30$	0,73	2003	р. Улькен Алматы - в 2км выше оз.Улькен Алматы	8,35
р.Киши Алматы-м.с.Мынжилкы	1941, 1946, 1948...1950, 1952-1968, 1970...1972, 1974...1997, 2000, 2003...2007, 2009...2014	$y = 0,51x - 1,32$	0,84	1940, 1942...1945, 1947, 1951, 1969, 1973, 1998...1999, 2001...2002, 2008, 2015	р.Киши Алматы - г.Алматы	13,1
р.Киши Алматы-альпбаза Туюксу	1940...1943, 1948...1950, 1952...1968, 1970...1972, 1974...1997, 2000, 2003...2007, 2009...2014	$y = 0,62x + 2,01$	0,73	1944...1945, 1947, 1951, 1969, 1973, 1998...1999, 2001...2002, 2008, 2015	р.Киши Алматы - м.с.Мынжилкы	15,5
р. Киши Алматы-выше устья	1958...1972, 1991...1997, 2000, 2012...2013	$y = 0,24x + 2,55$	0,76	1940...1957, 1973...1990, 1998...1999, 2001...2011, 2013...2015	р. Киши Алматы- г. Алматы	4,73
р.Киши Алматы-ниже устья	1974...1997, 2001, 2004...2014	$y = 0,68x + 1,64$	0,72	1940...1973, 1998...2000, 2002...2003, 2015	р. Киши Алматы - выше устья р.Сарысай	4,43
Бассейн реки Улькен Алматы						
р.Улькен Алматы - в 2 км	1952...1985, 1987...1993, 1995, 1997,	$y = 6,88x + 4,97$	0,78	1940...1951, 1986, 1994, 1996,	р.Сарысай - устье	3,27

Река- створ	Период наблюдений	Уравнение ре- грессии	Кэффи- циент корреля- ции	Восстанов- ленные годы	Створ-аналог	Ошиб- ка, %
выше оз.Уль- кен Ал- маты	2000...2001, 2003...2014			1998...1999, 2002, 2015		
р.Уль- кен Ал- маты- в 2 км выше устья р.Про- ходная	1952...1955, 1957...1966, 1972...1976, 1978...1990, 1995, 1997, 2005, 2008...2010, 2012...2014	$y = 5,25x + 9,28$	0,73	1940...1951, 1956, 1967...1971, 1977, 1991, 1992, 1993...1994, 1996, 1998...2004, 2006...2007, 2011, 2015	р.Сарысай - устье	5,87
р.Про- ходная - устье	1952...1976, 1978...1987, 1992...2000, 2002, 2004...2014	$y = 0,90x + 0,32$	0,76	1940...1951, 1977, 1978, 1988, 1991, 2001, 2003, 2015	р. Улькен Ал- маты - в 2 км выше оз.Уль- кен Алматы	4,68

Данные, восстановленные по уравнению регрессии, имеют систематически заниженную дисперсию. Систематические уменьшения дисперсии восстановленных данных исключались с применением формулы, приведенной в [14], введением поправки в погодичные значения стока, полученные по уравнению регрессии.

Расчетные максимумы определяются по материалам гидрометрических наблюдений, а в случаях их отсутствия по различным формулам. Параметры таких формул районированы и предоставляются в виде карт и таблиц, которые в свою очередь устанавливаются по изученным рекам. Более надежные значения параметров формул рекомендуется устанавливать методом аналогии по достаточно изученным рекам, применяя соответствующие формулы и зависимости.

Приведение речного стока к естественному периоду не производят, если суммарное значение его изменений не выходят за пределы случайной средней квадратической погрешности исходных данных наблюдений. Предпочтение следует давать первой расчетной схеме, т.к. естественные ха-

рактические характеристики стока и других гидрологических характеристик лучше поддаются пространственному обобщению нежели гидрологические характеристики, нарушенные под влиянием антропогенных факторов.

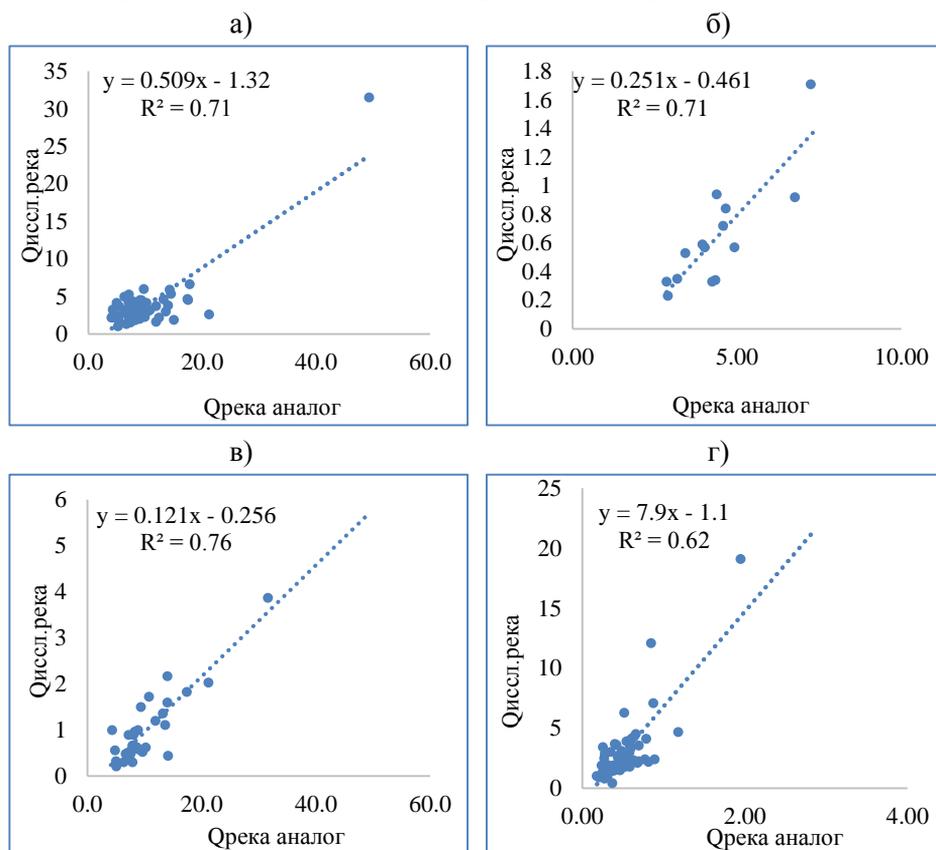


Рис. 3. График связи максимальных расходов воды расчетной реки и реки аналога за совместный период наблюдений. а) р.Киши Алматы – г. Алматы - р.Киши Алматы – м.с. Мынжилкы, б) р. Бутак - с. Бутак – р. Киши Алматы - выше устья р. Сарысай, в) р.Киши Алматы – г. Алматы – р. Кимасар – устье, г) р. Сарысай – устье - ручей Терисбутак – устье.

При наличии данных гидрологических наблюдений задача расчета максимального стока сводится к выбору статистической схемы, описывающей закон распределения имеющегося ряда величин, определению параметров этого распределения и вычислению характеристик паводка (половодья) заданной (расчетной) вероятности ежегодного превышения (обеспеченности).

Расчетные максимальные расходы воды следует устанавливать путем тщательного анализа данных о высоких половодьях и паводках, наблюдавшихся в данном районе. Если расходы талых и дождевых вод сопоставимы по величине, то каждый из них вычисляется отдельно и затем выбирается наибольший, который используется в дальнейших расчетах с учетом его генезиса.

Норма максимальных расходов воды, коэффициенты вариации, коэффициенты асимметрии рассчитаны двумя методами: методом моментов и графоаналитическим методом Г.А. Алексева [18].

В отдельных случаях использованы усеченные кривые обеспеченности и эмпирические кривые обеспеченности. Теоретическая кривая максимальных расходов воды редко описывают весь диапазон значений этих характеристик. Верхняя и нижняя части ранжированного ряда подчиняются разным законам распределения. Для практических целей требуются лишь высшие значения максимальных расходов и уровней воды. Усеченные кривые обеспеченности проводились в тех случаях, когда на эмпирической кривой имеются расходы малой обеспеченности, резко отклоняющиеся от основной кривой. Применение усеченных кривых позволяет более надежно проводить кривые обеспеченности в части редкой повторяемости.

Наибольшие в году расходы воды на реках высокогорного пояса, со средними высотами более 3200 м абс., преимущественно снего-ледникового 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 $F < 1000 \text{ км}^2$, максимумы формируются от таяния сезонного снега, от совпадения ливней с интенсивным снеготаянием, либо могут быть ливневого происхождения [1, 23].

Исследованы условия формирования максимального стока воды в рассматриваемом районе. В результате было установлено, что для рек данной территории характерно формирование максимальных расходов воды в основном смешанного происхождения, как талого, так и дождевого. Кроме того, установлено, что в ряды наблюдений попадают максимальные расходы редкой повторяемости, а также встречаются расходы, полученные с

пониженной точностью. В силу этих особенностей при реконструкции рядов возникают большие трудности подбора аналогов для восстановления пропусков в рядах наблюдений [21].

Расчет максимальных расходов весенне-летнего половодья

На реках исследования производился согласно рекомендациям [14, 15, 19]. Принятая методика расчета, адаптированная к условиям исследуемого района, приведена в [2]. В основу расчетов положена редуцированная зависимость максимального модуля стока от обуславливающих его основных факторов: средней высоты и площади водосбора, коэффициента дружности, слоя стока половодья и др.

Формула для определения максимального (срочного) модуля стока половодья имеет вид:

$$Q_{1\%} = \frac{r \cdot A_{1\%} \cdot \delta}{(F+1)^n} = \frac{r \cdot K_0 \cdot h_{1\%} \cdot \delta}{(F+1)^n}, \quad (1)$$

где $q_{1\%}$ - максимальный (срочный) модуль стока обеспеченностью 1%, л/(с×км²); F – площадь водосбора, замыкаемая расчетным створом, км²; $h_{1\%}$ – слой стока за половодье обеспеченностью 1 %, мм; r – коэффициент зарегулированности стока озерами и водохранилищами; δ – коэффициент, учитывающий влияние залесенности и заболоченности водосбора; K_0 – коэффициент дружности половодья; n – показатель степени, характеризующий редуцицию (уменьшение коэффициента дружности половодья в зависимости от площади водосбора); $A_{1\%}$ - величина, пропорциональная максимальному модулю притока.

Максимальный модуль притока $A = q_0$ при $F \rightarrow 0$ и $r = \delta = 1$. Значения A изменяются в значительных пределах в зависимости от высоты и орграфии местности.

Показатель n , характеризующий редуцицию коэффициента дружности половодья находится по формуле:

$$n = 0,50 - 0,1 \text{ Нср.} \quad , \quad (2)$$

где Нср. – в км.

Далее по формуле (1) вычисляется $q_{1\%}$, л/(с×км²) и находится

$$Q_{1\%} \text{ max} = q_{1\%} \times F, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3)$$

Используя коэффициент перехода от $Q_{1\%}$ и $h_{1\%}$ к расходам и слоям других обеспеченностей, получены их значения.

Расчет максимальных (срочных) расходов дождевых паводков

На реках г. Алматы при отсутствии рек-аналогов производился по редуccionной формуле:

$$Q_{p\%} = q_{200} \left(\frac{200}{A} \right)^n \delta * \delta_2 * \delta_3 * \chi_p * A, \quad (4)$$

где $Q_{p\%}$ - максимальный расход расчетной обеспеченности (срочный), м³/с; q_{200} , м³/(с×А км²) – модуль максимального срочного расхода воды, ежегодной вероятности превышения Р, равной 1 % при $\delta = \delta_2 = \delta_3 = 1$, приведенный к площади водосбора 200 км². Для бассейнов горных рек значения параметров q_{200} дополнительно приведены к средней высоте водосбора $H_{ср.} = 2000$ м; $\chi_p\%$ - переходный коэффициент от максимальных мгновенных расходов воды вероятностью 1 % к максимальным расходам другой вероятности превышения; n – коэффициент редуccionции модуля максимального срочного расхода с увеличением площади водосбора; δ – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов воды проточными озерами; δ_2 – коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода воды вследствие заболоченности; δ_3 – коэффициент, учитывающий изменение параметра q_{200} с изменением средней высоты водосбора в горных районах; определяется он по данным гидрологически изученных рек; A – площадь водосбора, км².

В качестве основного параметра формулы используется модуль максимального стока при некотором фиксированном значении площади (в данном случае 200 км²), поскольку определить эту величину по экспериментальным данным можно более надежно, чем обычно используемый элементарный модуль стока. Параметр q_{200} меньше зависит от показателя степени редуccionции n , что приводит к его более плавному изменению по территории.

$$q_{200} = q_{1\%} / (F/200)^n \times \delta. \times \delta_2. \times \delta_3, \quad (5)$$

где $q_{1\%}$ - максимальный модуль стока 1% обеспеченности, определяемый по ряду наблюдений.

Коэффициент δ_3 определяется для рек с высотой водосбора от 100 м и более с использованием зависимости $q_{200} = f(H_{ср.})$.

Для расчета максимальных (срочных) расходов дождевых паводков была применена также формула предельной интенсивности стока, приводимая в [2].

Формула имеет вид:

$$Q_{1\%} = 16,67 * \varphi * \bar{\psi}_\tau * H_{1\%} * F, \quad (6)$$

где $Q_{1\%}$ - максимальный (срочный) расход 1% обеспеченности φ - сборный коэффициент максимального стока; $\bar{\psi}_{(\tau)}$ - показатель редукции интенсивности осадков за расчетное время τ ; $H_{1\%}$ - максимальный суточный слой осадков обеспеченностью 1%; F - площадь водосбора, км².

$$\bar{\psi}_{\tau} = \frac{\psi_{\tau}}{\tau} = \frac{H_{\tau}}{\tau H_p} \quad (7)$$

где
$$\psi_{\tau} = \frac{H_{\tau}}{H_p} \quad (8)$$

H_p - суточный слой осадков обеспеченности P ; H_{τ} - слой осадков той же обеспеченности за расчетное время τ ; $H_{1\%}$ - максимальный суточный слой дождя, обеспеченностью 1%.

Выборочные результаты расчетов характеристик максимальные расходов различной обеспеченности приведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные характеристики максимальных расходов воды, м³/с

Река-створ	Период	Метод	Qmax ред., м ³ /с	Cv	Максимальные расходы воды различной обеспеченности, м ³ /с			
					1	3	5	10
р.Киши Алматы – г. Алматы	1940... 2015	Усеченное	9,90	0,72	54,0	36,3	28,7	20,0
р.Киши Алматы – м.с. Мынжилкы	1940... 2015	Полное	3,75	1,13	36,3	20,4	13,3	6,98
р.Киши Алматы – альпбаза Туокусу	1940... 2015	Усеченное	4,25	1,34	50,3	30,9	20,6	14,1
р. Киши Алматы - выше устья р. Сарысай	1940... 2015	Усеченное	4,98	0,41	19,7	13,2	9,56	7,72
р.Киши Алматы - ниже устья р. Сарысай	1940... 2015	Полное	5,16	0,38	19,4	12,3	9,94	7,19
р.Сарысай – устье	1940... 2015	Полное	0,58	0,72	5,67	3,22	2,19	1,57
р.Бутак - с. Бутак	1940... 2015	Полное	1,18	1,56	9,17	6,06	4,68	2,95
Казахкызы – Д.О. Просвещенцев	1940... 2015	Полное	0,51	0,99	2,70	1,85	1,47	0,99
р.Аксай - кордон Аксайский, верхний	1940... 2015	Усеченное	13,3	1,03	100	85,2	63,5	40,2

Река-створ	Период	Метод	Q _{max ред.} , м ³ /с	C _v	Максимальные расходы воды различной обеспечен- ности, м ³ /с			
					1	3	5	10
р. Улькен Алматы - в 2 км выше оз. Улькен Алматы	1940... 2015	Полное	9,40	0,28	30,8	21,7	17,2	14,8
р. Улькен Алматы - в 2 км выше устья р. Проход- ная	1940... 2015	Полное	11,2	0,51	34,2	29,5	25,8	19,8
р. Проходная - устье	1940... 2015	Полное	7,96	0,41	23,7	21,2	14,1	12,3
ручей Терисбутак – устье	1940... 2015	Полное	3,02	0,88	40,6	21,3	12,0	8,13

Выводы. В результате анализа рядов наблюдений за максимальными расходами воды за многолетний период получены уточненные характеристики максимального стока рек г. Алматы. Сравнительный анализ результатов расчетов максимального стока с результатами исследований 2012 г. [10] показывает уменьшение значений максимальных расходов редкой повторяемости. Так, по створу Киши Алматы – г. Алматы значение максимальных расходов 1% обеспеченности (редкой повторяемости) составило 54,0 м³/с, что на 7 % ниже значений, полученных в [10].

Максимальный сток рек (реки Киши и Улькен Алматы) подвергается влиянию климатических и интенсивных антропогенных факторов. Город Алматы комплексно воздействует на максимальный сток рек, оно связано с водозаборами, преобразованием водных объектов, вследствие благоустройства территорий; засыпкой и канализированием рек и ручьев, зарегулированием стока, влиянием на естественный гидрохимический состав водных объектов.

Научные исследования были проведены в рамках гранта ИРН АР05130805 «Оценка влияния природных факторов и хозяйственной деятельности на состояние водных объектов урбанизированных территорий (на примере г. Алматы)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2001-2015 г. Бассейны рек оз. Балхаш. – Астана: Казгидромет, 2017.
2. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн оз. Балхаш. Т.13. –

- Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 645 с.
3. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Центральный и Южный Казахстан (за 1965-1970 гг. и весь период наблюдений). Т.13. -Вып.2. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 316 с.
 4. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики Бассейн оз. Балхаш Центральный и Южный Казахстан (за 1971-1975 гг. и весь период наблюдений). Т.13. - Вып.2. – Спб.: Гидрометеиздат, 1980. – 288 с.
 5. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (за 1975-1980 гг. и весь период наблюдений): Т.13. Центральный и Южный Казахстан. Вып.2. Бассейн оз. Балхаш. – Спб.: Гидрометеиздат, 1981. – 300 с.
 6. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Казахская ССР. Бассейны рек оз.Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. Т.5. - Вып.4. – Л.: Гидрометеиздат, 1998. – 576 с.
 7. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана (1981-1990 гг.). Книга 1. - Вып.4. - Ч.1. – Алматы: Гидрометеиздат, 2001. – 247 с.
 8. Государственный водный кадастр Республики Казахстан. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1991-2000 г. Бассейны рек оз. Балхаш и бессточных районов Центрального Казахстана. Т.1. – Вып.4. – Алматы, 2006. – 175 с.
 9. Мазур Л.П., Чигринец А.Г., Загидуллина А.Р. Оценка максимальных расходов и уровней воды рек Заилийского Алатау Каскелен и Малая Алматинка в нижнем течении // Матер. VII Всероссийского гидрологического съезда, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 2014. – С.16-24.
 10. Мазур Л.П., Чигринец А.Г., Загидуллина А.Р. Максимальные расходы воды р. Киши Алматы и её притоков в нижнем течении // Гидрометеорология и экология. – 2012. – №2. – С.66-80.
 11. Мазур Л.П., Чигринец А.Г., Раченков М.Н. Оценка влияния озера Улькен Алматы на режим и характеристики стока реки Улькен Алматы // Гидрометеорология и экология. – 2015. – №2. – С.48-57.
 12. Мазур Л.П., Чигринец А.Г., Загидуллина А.Р. Оценка максимальных расходов реки Каскелен и её притоков // Вестник КазНУ, серия географическая, Алматы. – 2015. – №40. – С.100-108.

13. Медеу А.Р., Благовещенский В.П., Баймолдаев Т.А., Киренская Т.Л., Степанов Б.С. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана. Т.2. Ч.2. Основы мониторинга в Иле Алатау. – Алматы: Институт географии, 2018. – 288 с.
14. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – Санкт-Петербург: ГУ «ГГИ», 2009. – 193 с.
15. Определение расчетных гидрологических характеристик (СНИП 2.01.14-83). Гос. комитет по делам строительства. – М., 1983. – 97 с.
16. План – схема города Алматы, масштаб 1:20 000. Национальный картографо-геодезический фонд. 2012. [Электронный ресурс]. – URL: <http://mgov.kz/ru/zher-resurstary> (дата обращения 20.03.2019).
17. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчетов. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 276 с.
18. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». – СПб.: изд. РГГМУ. 2007. – 279 с.
19. Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Издание официальное. – М.: Госстрой России, 2004. – 73 с.
20. Чигринец А.Г. Гидрологоэкологическая оценка малых рек горно-предгорной зоны Илийского Алатау и разработка рекомендаций по их охране: автореф. канд. геог. наук. – Алма-Ата, 2007. – 149 с.
21. Чигринец А.Г. Поверхностные водные ресурсы территории города Алматы // Гидрометеорология и экология. – 2015. – №2. – С.66-78.
22. Чигринец А.Г., Чигринец Л.Ю., Мазур Л.П. Особенности формирования максимального стока р. Терисбутак // Вестник КазНУ, серия географическая, Алматы. – 2017. – №40. – С.25-39.
23. Чигринец А.Г., Мазур Л.П., Раченков М.Н, Исмаилов Ш.М. Сток и русловой водный баланс малых рек города Алматы в пределах городской территории // Вестник КазНУ. Сер. географ. – 2013. – №2. - С.56-70.

Поступила 20.03.2019

Техн. ғылымд. канд.
Геогр. ғылымд. канд.
Геогр. ғылымд. канд.

К.К. Дускаев
А.Г. Чигринец
А.К. Мусина
Ж.А. Жанабаева
С.Т. Ахметова
Е.К. Ермаш

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ ШЕГІНДЕ ӨЗЕНДЕРДІҢ ЕҢ ЖОҒАРЫ СУ ӨТІМДЕРІН БАҒАЛАУ

Түйін сөздер: кіші өзендер, ең жоғарғы су өтімдері, өзен-аналог, есептік кезең, регрессия теңдеуі, қамтамасыздық қисықтары.

Мақалада Алматы қ. өзендерінің ең жоғары ағындысы бойынша мәліметтер жинақталып және қалпына келтірілген. Зерттеліп отырған аудан бойынша әртүрлі қамтамасыздықтағы ең жоғары су өтімдері мәндері нақтыланған. Ең жоғары ағындының статистикалық параметрлерінің дәлділігін бағалау жасалған.

K.K. Duskaev, A.G. Chygrynets, A.K. Mussina, Zh.A. Zhanabayeva,
S.T. Akhmetova, E.K. Yermash

ASSESSMENT OF THE MAXIMUM WATER DISCHARGE OF THE RIVERS OF ALMATY

Keywords: small rivers, maximum water discharge, analogue river, estimated period, regression equation, probability curves.

In the article are collected and restored data on the maximum river runoff of Almaty city rivers. The parameters of the water discharge of various probability in the study area are specified. The accuracy of the statistical parameters of the maximum runoff is estimated.