

УДК 37.27.51

Доктор геогр. наук  
PhD

Р.И. Гальперин
----------------

<sup>1</sup>  
Д.М. Бурлибаева<sup>2</sup>  
Ж.А. Жанабаева<sup>1</sup>**МАКСИМАЛЬНЫЕ УРОВНИ И РАСХОДЫ ВОДЫ  
РЕКИ СЫРДАРΙΑ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Ключевые слова:** максимальные расходы воды, максимальные уровни воды, восстановление рядов

*В данной статье приведены результаты расчетов максимальных расходов и уровней воды р. Сырдария различной обеспеченности (1 %, 3 %, 5 %, 10 %), сведения о восстановленных рядах максимальных расходов воды, уравнениях регрессии, коэффициентах корреляции и створах-аналогах в современных условиях.*

В связи с изменением климата и постоянно меняющейся антропогенной нагрузкой на водные объекты на юге и юго-востоке Казахстана для получения гидрологических характеристик, отражающих современную ситуацию, целесообразно проведение анализа многолетнего хода максимального стока. В частности, это необходимо для выбора репрезентативного периода для оценки параметров распределения характеристик максимального стока.

В условиях устойчиво меняющегося климата и увеличивающейся антропогенной нагрузки на водные ресурсы, ранняя часть гидрологических рядов многолетних наблюдений не отражают современных характеристик максимального стока, а их использование приведет к искажению расчетных значений, закона распределения. В некоторых случаях целесообразно ограничение расчетного периода [3].

По исследуемым речным бассейнам ряды максимальных расходов и уровней воды к единому расчетному периоду не приводились.

К территории Казахстана относится нижнее течение р. Сырдария. Створы наблюдения: р. Сырдария – выше устья р. Келес, р. Сырдария – нижний бьеф Шардаринского вдхр., р. Сырдария – ур. Коктобе,

<sup>1</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup> Институт географии, г. Алматы, Казахстан.

р. Сырдария – пгт. Тасбугет, р. Сырдария – п. Жосалы, р. Сырдария – раз. Кергельмес, р. Сырдария – ж.-д. ст. Караозек, р. Сырдария – с. Каратерень. В современных условиях сток реки искажен крупными и мелкими водохранилищами.

В ходе анализа графиков скользящих 5-летних значений максимальных расходов воды в створе р. Сырдария – нижний бьеф Шардаринского вдхр. (рис. 1) наблюдается очевидное снижение стока от начала до середины 70-х годов. В десятилетие 1974...1983 гг. они были сравнительно низкими, в последующее десятилетие 1984...1994 гг. – явный рост, а затем в последний период – снова некоторое уменьшение.

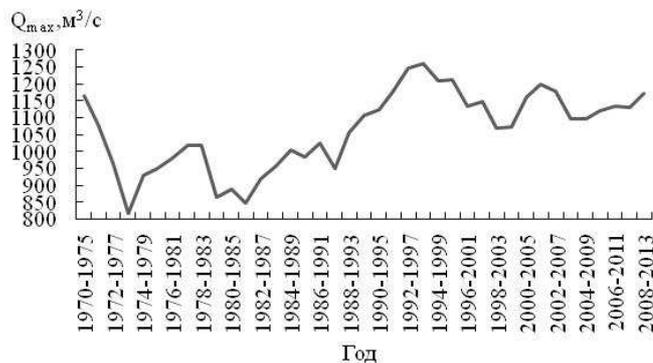


Рис. 1. График скользящих 5-летних средних максимальных расходов воды в створе р. Сырдария – нижний бьеф Шардаринского вдхр. за период 1970...2013 гг.

Рост максимального стока с начала 1990 годов, видимо, объясняется переходом работы водохранилищ в верхнем течении реки на энергетический режим эксплуатации. Это серьезно нарушило естественный гидрологический режим реки. Так, объем стока зимнего периода, составил в среднем около 2/3 годового, тогда как ранее он составлял менее 50 % от него. По нижерасположенным постам ход  $Q_{max}$  может быть несколько иным [2].

В различных районах южного и юго-восточного Казахстана многолетние тенденции стока могут быть неодинаковы.

Для максимальной выработки электроэнергии на ГЭС в зимние месяцы осуществляются попуски из водохранилища равные по своей величине максимальным расходам весеннего половодья, что в несколько раз выше зимних расходов при естественном гидрологическом режиме.

Створ р. Сырдария – г. Казалинск замыкает водосборную площадь реки. В бассейне реки на территории Казахстана ведется активная хозяйственная деятельность, исходя из этого совершенно очевидно, что ряд не-

однороден. Высокие максимумы стока в 1929...1950-е годы постепенно очень существенно снизились к середине 1970-х гг., а с 1990-х гг. максимальные расходы воды несколько увеличились (рис. 2).

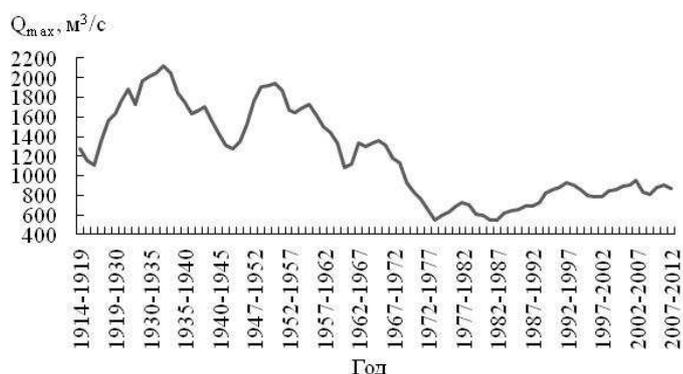


Рис. 2. График скользящих 5-летних максимальных расходов воды р. Сырдария – ж.д. ст. Тюмень-Арык за период с 1914...2013 годы.

В целом логично заключить, что статистические характеристики максимальных расходов воды р. Сырдарии во всех створах целесообразно определять за последний период – 1989...2013 гг. – с начала прохождения относительно высоких расходов воды в реке.

Существуют две причины нестационарности максимального стока: это – климатические изменения и антропогенная деятельность на водосборе, в руслах рек. В настоящее время из всего комплекса антропогенных факторов, влияющих на естественный режим рек, основным является безвозвратное потребление воды на орошение. В связи с отсутствием достаточных сведений о заборах воды изменения, связанные с хозяйственной деятельностью, трудно учесть.

В связи со сложной динамикой режимных характеристик реки, актуальна постановка вопроса о расчетном периоде для оценки экстремальных расходов и уровней воды, характеризующих именно современную ситуацию: с современными расходами воды и при современной пропускной способности русла.

В связи с наличием пропусков наблюдений были восстановлены ряды максимального стока рек. Исходными материалами послужили данные наблюдений сети РГП «Казгидромет» – сведения, опубликованные в кадастровых материалах: «Гидрологических ежегодниках», «Основных гидрологических характеристиках», «Многолетних данных о режиме и ресурсах поверхностных вод суши», «Ресурсах поверхностных вод» по районам исследования [2, 4, 5, 6].

Неполнота рядов наблюдений ограничивает возможности использования метода аналогии. В частности реконструкция рядов  $Q_{\max}$  по корреляционным зависимостям, а также их приведения к длительному или к единому общему расчетному периоду.

Территориальное распределение пунктов наблюдений в бассейне р. Сырдарии неравномерное. Наиболее полную длительность наблюдений имеют створы: ж.-д. ст. Тюмень-Арык и г. Казалинск. Эти ряды наблюдений были использованы в качестве створов-аналогов при восстановлении пропусков в других створах.

Кроме того, восстановление максимальных расходов воды в ряде случаев производилось с использованием связей со среднегодовыми величинами расходов воды и средними расходами воды за период вегетации.

Ниже приводится характеристика выведенного уравнения, примененных для реконструкции некоторых рядов максимальных расходов воды, в частности по годовому и вегетационному стоку: р. Сырдария – г. Казалинск:  $Q_{\max} = 1,40Q_{\text{вегет.}} + 129$ ; при  $r = 0,75$ .

Максимальные расходы в створах, расположенных в нижнем течении р. Сырдария – с. Коктобе, пгт. Тасбогет, раз. Кергельмес и ж.-д. ст. Караозек были реконструированы с использованием ряда наблюдений по створу ж.-д. ст. Тюмень-Арык, коэффициент корреляции  $r = 0,89$ . Полученные уравнения регрессии, с помощью которых восстанавливались пропуски в наблюдениях, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Восстановленные ряды максимальных расходов воды, уравнения регрессии, коэффициенты корреляции и створы-аналоги

Период наблюдения	Уравнение регрессии	R	Восстановленные годы
<b><i>р. Сырдария – пгт. Тасбогет (р. Сырдария – ж.-д. ст. Тюмень-Арык)*</i></b> 1989...1995, 2002...2013	$Q_{\max} = 1,03Q_{\max} - 341$	0,85	1996...2001
<b><i>р. Сырдария – п. Жосалы (р. Сырдария – ж.-д. ст. Тюмень-Арык)</i></b> 1989...1993, 2008...2010, 2012...2013	$Q_{\max} = 0,70Q_{\max} - 236$	0,82	1994...2007, 2011
<b><i>р. Сырдария – раз. Кергельмес (р. Сырдария – ж.-д. ст. Тюмень-Арык)</i></b> 1989...1991, 1994...1995, 1997...1998, 2000...2013	$Q_{\max} = 0,82Q_{\max} - 8,54$	0,81	1992...1993, 1996, 1999

Период наблюдения	Уравнение регрессии	R	Восстановленные годы
<i>р. Сырдария – уч. Коктобе (р. Сырдария – ж.-д. ст. Тюмень-Арык)</i> 1989...1994, 2000...2013	$Q_{\max} = 0,82Q_{\max} + 301$	0,89	1995...1999
<i>р. Сырдария – ж.-д. ст. Караозек (р. Сырдария – ж.-д. ст. Тюмень-Арык)</i> 1989...1993, 1995...1997, 2000, 2003, 2006...2013	$Q_{\max} = 0,92Q_{\max} - 266$	0,84	1994, 1998...2000, 2001...2002, 2004...2005
<i>р. Сырдария – с. Каратерень (р. Сырдария – раз. Кергельмес)</i> 1995, 2000...2013	$Q_{\max} = 0,52Q_{\max} + 118$	0,72	1990-1991, 1994
<i>р. Сырдария – с. Каратерень (р. Сырдария – пгт. Тасбугет)</i> 1995, 2000...2013	$Q_{\max} = 1,62Q_{\max} - 236$	0,83	1992-1993, 1996

Примечание: \*Река – створ (створ – аналог).

Оценка параметров распределения максимальных расходов и уровней воды р. Сырдарии. Обеспеченные величины максимального стока р. Сырдарии были определены по кривым обеспеченности стока, построенным по значениям нормы и вариации максимального стока, установленным по данным многолетних наблюдений. Коэффициент асимметрии определен по степени соответствия данных наблюдаемой теоретической кривой обеспеченности.

Характеристики максимального стока чувствительны к влиянию хозяйственной деятельности, особенно к функционированию крупных водохранилищ. Ряды в таких случаях неоднородны. Ряды наблюдений максимальных расходов и максимальных уровней воды Сырдарии были разделены на периоды «до» и «после» создания водохранилищ.

Теоретическая кривая максимальных расходов и уровней 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 [1]. Поэтому в большинстве случаев использованы усеченные распределения. Графоаналитический метод Г.А. Алексеева [7] применен лишь к части распределения, когда используются значения двух опорных ординат, снятых с эмпирической кривой, а коэффициент асимметрии назначается методом подбора. На рис. 3 представлено сравнение двух вариантов кривой обеспеченности максимальных уровней воды в створе р. Сырдария – г. Казалинск.

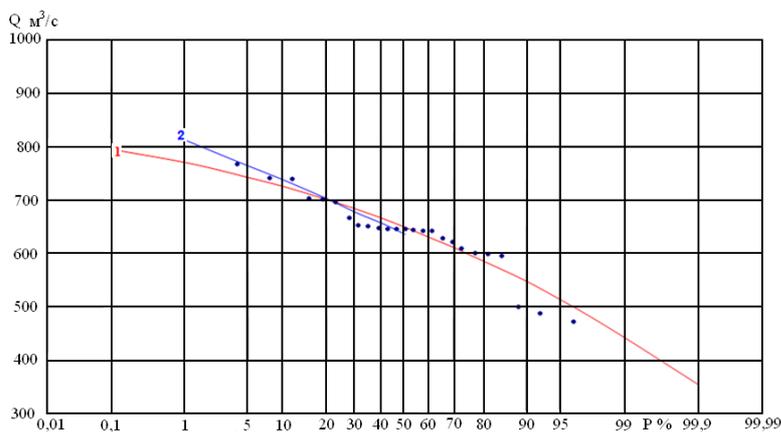


Рис. 3. Кривые обеспеченности максимальных уровней воды (над «0 поста») в створе р. Сырдария – г. Казалинск за 1989...2013 гг. 1 – полное распределение, 2 – усеченное распределение.

Первая кривая характеризует полное распределение при использовании для ее построения параметров, рассчитанных по полному ряду согласно стандартной методике. При неплохом соответствии кривой эмпирическим точкам все три самых низких значения уровня оказались ниже её, а все три самых высоких – выше. Вторая кривая характеризует усеченное распределение, только для относительно высоких уровней, при  $C_s = -0,20$ . По первой кривой  $H_{1\%} = 770$  см, по второй 812 см. Использование полного распределения занизило бы расчетный уровень почти на 0,5 м.

По данным НИИ проблем экологии КазНУ угроза наводнений в нижнем течении Сырдарии практически ежегодная, и Коксарайский контррегулятор эту опасность полностью не исключает. Актуален вопрос о количественной оценке основных поражающих факторов наводнений. Гидрологическая ситуация здесь очень изменчива во времени, в том числе в связи с изменением пропускной способности сечения реки. Адекватная оценка этих количественных характеристик должна отражать именно сегодняшнюю ситуацию.

Анализ многолетнего хода максимальных расходов воды, а также временной изменчивости кривых  $Q = f(H)$  позволил сделать вывод о целесообразности назначения расчетного периода 1989...2013 гг.. Для максимальных уровней в створе Нижний бьеф Шардаринского водохранилища, где пропускная способность сечения реки особенно изменчива, выбираем расчетный период 1996...2013 гг.

На этой основе рассчитаны характеристики  $Q_{\max}$  и  $H_{\max}$  редкой повторяемости в трех створах. По данным Института «Казгидпроект» в частности, по створу Нижний бьеф Шардаринского водохранилища максимальный расход воды повторяемостью раз в 100 лет может несколько превосходить  $1800 \text{ м}^3/\text{с}$  (что близко к проектному значению максимального сброса с плотины), по створу ж.д. ст. Тюмень-Арык –  $1300 \text{ м}^3/\text{с}$ , в створе г. Казалинск –  $900 \text{ м}^3/\text{с}$ . По расчетным данным авторов расход воды редкой повторяемости ( $P_{1\%}$ ) в створе Нижний бьеф Шардаринского водохранилища составил  $1810 \text{ м}^3/\text{с}$ , в створе ж.д. ст. Тюмень-Арык –  $1340 \text{ м}^3/\text{с}$ , в створе г. Казалинск –  $935 \text{ м}^3/\text{с}$ . При сравнении данных Института «Казгидпроект» и расчетных характеристик авторов можно сделать вывод, что расходы воды 1 %-ой обеспеченности в обоих случаях различаются незначительно. Однако наши расчетные значения несколько выше значений Института «Казгидпроект». Расчетные характеристики максимальных расходов и уровней воды по ряду створов приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Расчетные характеристики максимальных расходов воды р. Сырдарии,  $\text{м}^3/\text{с}$

F, км <sup>2</sup>	Период	Метод	$C_s$	Распределение обеспеченности, $Q_{\max}$ $\text{м}^3/\text{с}$			
				1	3	5	10
<b><i>Сырдария – выше устья р. Келес</i></b>							
170 000	1989...2013	Полный ряд	1,64	2710	2325	2140	1890
<b><i>Сырдария – нижний бьеф Шардаринского вдр.</i></b>							
174 000	1989...2013	Усеченный, 60 %	0,00	1810	1665	1590	1477
<b><i>Сырдария – уч. Коктобе</i></b>							
174 000	1989...2013	Полный ряд	-0,39	1320	1250	1220	1160
<b><i>Сырдария – ж.-д. ст. Тюмень-Арык</i></b>							
219 000	1989...2013	Усеченный, 50 %	0,00	1340	1240	1180	1095
<b><i>Сырдария – пгт. Тасбузет</i></b>							
219 000	1989...2013	Усеченный, 60 %	0,00	1200	1090	1025	930
<b><i>Сырдария – п. Жосалы</i></b>							
219 000	1990...2013	Усеченный, 60 %	1,00	735	645	600	540
<b><i>Сырдария – раз. Кергельмес</i></b>							
219 000	1989...2013	Усеченный, 60 %	2,00	1465	1251	1150	1012
<b><i>Сырдария – ж.-д. ст. Караозек</i></b>							
219 000	1989...2013	Усеченный, 60 %	0,00	927	817	760	678
<b><i>Сырдария – с. Каратерень</i></b>							
219 000	1989...2013	Усеченный, 50 %	3,00	1107	900	797	672
<b><i>Сырдария – г. Казалинск</i></b>							
	1989...2013	Полный ряд	0,42	935	836	785	710

Таблица 3

Расчетные характеристики максимальных уровней воды р. Сырдарии, см

F, км <sup>2</sup>	Период	Высота над уровнем моря, м БС	Метод	Cs	Распределение обеспеченности, $H_{max}$ см			
					1	3	5	10
Сырдария – нижний бьеф Шардаринского вдхр.								
174 000	1996...2013	225	Усеченный ряд, 0,00	969	932	913	888	50 %
Сырдария – ж.-д. ст. Тюмень-Арык								
219 000	1996...2013	154	Полный ряд	0,87	876	816	787	744
Сырдария – г. Казалинск								
	1996...2013	60	Усеченный ряд, -0,20	812	780	763	737	50 %

Полученные результаты могут быть использованы при разработке превентивных мер для защиты территорий от высоких вод, наводнений. Также данные могут быть использованы проектными институтами при планировании и проектировании различных водохозяйственных сооружений и установок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин Р.И. Использование усеченных кривых распределения для расчета максимальных уровней воды в реках // Вестник КазНУ. Серия Географическая. – 1999. – №8-9. – С. 109-111.
2. Гальперин Р.И., Белгожаева А.А. Максимальные уровни воды в нижнем течении Сырдарьи // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №4. – С. 41-52.
3. Гальперин Р.И., Жанабаева Ж.А. К оценке экстремальных гидрологических характеристик в нижнем течении Сырдарии // Вопросы географии и геоэкологии. – 2016. – №2. – С. 3-11.
4. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1989-2013 гг. Том 5, выпуск 3.
5. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2002. Том 5. Выпуск 3. Бассейны рек Сырдарьи, Чу, Талас.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14. Средняя Азия. Выпуск 1. Бассейн реки Сыр-Дарьи. – Л.: Гидрометеороиздат, 1969. – 439 с.
7. Шелутко В.А. Численные методы прогнозов в гидрологии. – Л.: Гидрометеороиздат, 1991. – 238 с.

Поступила 30.03.2018

Геогр. ғылымд. докторы  
PhD

Р.И. Гальперин  
Д.М. Бурлибаева  
Ж.А. Жанабаева

### ЗАМАНАУИ ШАРТТАРДАҒЫ СЫРДАРИЯ ӨЗЕНІНІҢ ЕҢ ЖОҒАРЫ СУ ДЕҢГЕЙІ МЕН ӨТІМДЕРІ

**Түйін сөздер:** ең жоғары су өтімдері, ең жоғары су деңгейлері, қатарларды қалпына келтіру.

*Аталған мақалада қазір заманғы шарттардағы қамтамасыздығы әртүрлі 1 %, 3 %, 5 %, 10 % Сырдария өзенінің ең жоғары су өтімдері мен су деңгейлерін есептеу нәтижелері, ең жоғары су өтімдерін қалпына келтіру, регрессия теңдеулері, корреляция коэффициенттері және аналог-тұстамалар жайында ақпараттар келтірілген.*

Galperin R.I., Burlibayeva D.M., Zhanabayeva Zh.A.

### MAXIMUM WATER LEVELS AND WATER DISCHARGES OF THE SYRDARY RIVER IN MODERN CONDITIONS

**Key words:** maximum water discharge, maximum water levels, restoration of data series

*In this article are presents the results of calculations of the maximum water discharges and water levels of the Syrdarya river of various (1 %, 3 %, 5 %, 10 %) probability of exceedance, information on the restored data series of maximum water discharges, regression equations, correlation coefficients and analogues-stations in modern conditions.*