

УДК 556.536.

МАКСИМАЛЬНЫЕ УРОВНИ ВОДЫ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ СЫРДАРЬИ

Докт. геогр. наук Р.И. Гальперин
А.А. Белгожаева

Исследовано изменение пропускной способности сечения Сырдарьи в разных створах. Для выбранного расчетного периода оценены максимальные уровни воды редкой повторяемости.

Максимальные в году уровни воды в реках H_{\max} определяются максимальными их расходами, в некоторых случаях связаны с ледовыми явлениями, а кроме того, заметную роль могут играть и русловые процессы.

Значительных рек с естественным гидрологическим режимом в Казахстане фактически не осталось. На все три упомянутых определяющих фактора в той или иной степени влияют антропогенные воздействия. Из больших рек в этом отношении особенно показательна Сырдарья. Водохранилища, и прежде всего Токтогульское (полный объем $19,5 \text{ км}^3$), режим их эксплуатации стали почти полностью определять обстановку в нижнем течении реки. Здесь нередки опасные поднятия уровня, затопление приречных территорий, что частично связано с изменением пропускной способности сечения реки. А переход гидроузла на энергетический режим эксплуатации породил опасность зимних паводков.

В отношении водности реки выделяют четыре периода [3]:

- до 1960 г. – условно-естественный;
- 1961...1973 гг. – с существенным уменьшением стока;
- 1974...1987 гг. – с резко уменьшенным стоком;
- с 1988 г. – с относительно повышенным стоком.

Сравнительная характеристика этих периодов по трем постам приведена в табл. 1. Рассмотрены характеристики: средний годовой сток ($Q_{\text{ср.год}}$), средний из годовых максимумов ($Q_{\text{ср.макс.}}$), максимальный мгновенный расход воды за весь период ($Q_{\text{макс.}}$). По посту г. Казалинск за последний период данные неполные.

Таблица 1

Характеристики стока в нижнем течении Сырдарьи по периодам

Период, годы	<i>Q</i> _{ср.год} , м ³ /с	<i>Q</i> _{ср.макс.} , м ³ /с	<i>Q</i> _{макс.} , м ³ /с
Нижний бьеф Шардаринского водохранилища			
до 1960	735	-	-
1961...1973	550	(1444)	(2060)
1974...1987	272	926	1590
1988...2004	528	1120	1590
ст. Тюмень-Арык			
до 1960	699	(1760)	(2730)
1961...1973	485	1169	1740
1974...1987	217	624	1030
1988...2004	460	832	1220
г. Казалинск (Казанлы)			
до 1960	488	(882)	(1650)
1961...1973	306	(762)	(1480)
1974...1987	44,9	175	436
1988...2004	(211)	(368)	(570)

Существенные изменения стока, в том числе максимального, от периода к периоду очевидны.

Внутригодовое распределение стока тоже заметно изменилось, особенно с 90-х гг., когда Токтогульское водохранилище перешло на энергетический режим эксплуатации. Изменения характеризуются табл. 2, составленной по данным Казгипрводхоза.

Таблица 2

Динамика притока воды к Шардаринскому водохранилищу

Период, годы	Средний приток, км ³		Приток, %	
	зимний	летний	зимний	летний
1976...1988	5,9	6,2	48,5	51,5
1989...2000	11,5	7,2	61,4	38,6

Изменения в сторону увеличения доли зимнего притока несомненны. Если до 1988 г. летние попуски превосходили зимние, то в последу-

ющий период зимние удвоились и стали примерно в 1,5 раза больше летних.

Часть притока к Шардаринскому водохранилищу сбрасывается в Арнасайское понижение (теперь – озеро). По данным Казгипроводхоза за 8 лет периода 1993...2000 гг. сюда сброшено 26,4 км³ воды. Сбрасывалось 6...31 % притока, в среднем – 16 %; только в 1994 г. сброшено 9,2 км³.

Ниже водохранилища в Сырдарью впадает р. Арысь.

Количественные изменения стока неизбежно сказываются на всех гидрологических характеристиках в нижнем течении реки. Но по всем створам участка сохраняется согласованность многолетнего хода стока, в том числе и в части максимальных расходов воды. Так, за период 1990...2004 гг. связь максимальных расходов воды в створах Нижний бьеф Шардаринского водохранилища и ур. Коктюбе характеризуется коэффициентом корреляции 0,83, а в створах ур. Коктюбе и ст. Тюмень-Арык – 0,85.

Иное дело – максимальные уровни воды. Их временной ход по постам отнюдь не синфазен. Несмотря на увеличение сбросов с конца 80-х гг., в нижнем бьефе Шардаринского водохранилища, как следует из рис.1, сохраняется тенденция снижения высших годовых уровней воды, тогда как у ст. Тюмень-Арык, H_{max} повышались до 1998 г., а в районе Казалинска с конца 80-х гг. к 2004 г. явно не прекращается повышение H_{max} .

Причин такого расхождения может быть две: направленные русловые процессы и влияние ледовых явлений.

Общие положения классической гидрологии позволяют ожидать увеличения пропускной способности русла за Шардаринской плотиной: непосредственно ниже нее – за счет увеличенных скоростей течения в нижнем бьефе, а на более значительном участке – за счет увеличения размыва осветленным потоком, т.е. нарушения равновесия между его транспортирующей способностью и количеством наносов. Но еще ниже по течению возможна обратная тенденция: уменьшение водности реки провоцирует отложение наносов в сечении, их аккумуляцию. В то же время определенную роль могут сыграть и хозяйственные мероприятия: расчистка русла, возведение дамб обвалования и др.

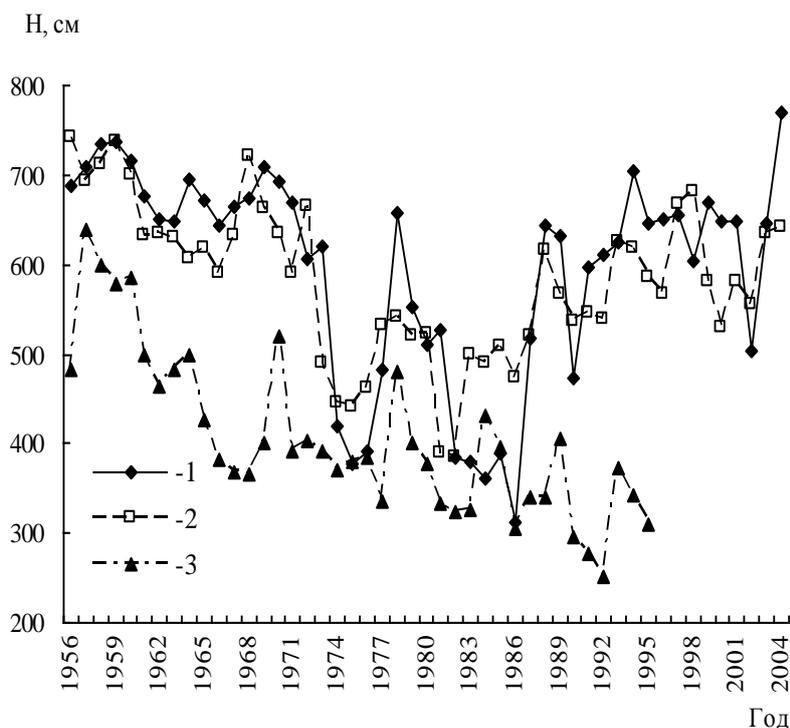


Рис. 1. Многолетний ход максимальных уровней воды (H , см) по постам на р. Сырдарье. 1- г. Казалинск, 2- ж.-д. ст. Тюмень-Арык, 3- нижний бьеф Шардаринское водохранилище

Обратимся к натурным данным. Чувствительным показателем интенсивности русловых процессов, снижения или увеличения пропускной способности сечения в створе реки, являются известные кривые связи расходов и уровней воды $Q = f(H)$. Поскольку данные по измеренным расходам воды на постах практически недоступны, такие кривые для пяти створов построены по средним месячным значениям максимальных уровней и расходов воды, с привлечением в ряде случаев максимальных годовых уровней воды и соответствующих им расходов воды на ту же дату. Кривые построены отдельно для месяцев холодного и теплого периодов. Заметим, что для зимнего периода в связи с влиянием ледовых явлений отдельные точки «отскакивают» и не соответствуют общей зависимости. Результаты расчетов по трем створам представлены в табл. 3...6.

Как следует из табл. 3, пропускная способность сечения в Нижнем бьефе Шардаринского вдхр. почти непрерывно увеличивалась (исключая

2002 г.). Так, в теплый период в 1985...1988 гг. при уровне $H = 50$ см оно пропускало $25 \text{ м}^3/\text{с}$, а в последние годы – $200 \text{ м}^3/\text{с}$, то есть на порядок выше. При $H = 400$ см – соответственно 1000 и $1490 \text{ м}^3/\text{с}$, т. е. разница в 1,5 раза.

Таблица 3

Координаты кривых $Q = f(H)$ в створе Нижний бьеф Шардаринского водохранилища в разные годы

$H, \text{см}$	Год							
	1985...1988	1989	1990	1991...1992	1993...1995	1996...1998	2002	1999...2001, 2003...2004
Теплый период								
25					90			145
50	25				135	150		200
75	55				170	190		245
100	90			120	215	230		300
125	135			175	265	295		370
150	190		200	240	315	365	400	450
175	250	250	280	325	370	440	475	530
200	310	310	365	400	445	535	555	620
225	380	385	455	495	530	635	660	705
250	465	465	550	585	630	750	770	805
275	555	555	650	700	755	885	870	925
300	640	655	750	805	875	1020	980	1045
325	725	770		935	990	1150		1180
350	815	880			1110	1290		1340
375	910	980			1245	1425		1490
400	1000	1085			1370	1600		1600
425	1110	1200			1480			
450	1215				1600			
475	1335							

<i>H, см</i>	Год								
	1985...1988	1989...1990	1991...1993	1994...1995	1996...1997	1998...1999	2000...2001	2002	2003...2004
Холодный период									
100	75	100		210					
125	105	138		252	270	283	337		
150	163	200	250	307	345	372	410	390	478
175	213	257	318	373	425	462	492	478	537
200	268	322	400	450	522	560	590	570	620
225	338	400	487	550	633	663		663	717
250	425	485	588	663	820	810			805
275	523	613	713						900

Самая ранняя дата наступления H_{max} в 1985...2004 гг. – 15.03. Согласно справочным данным самая поздняя дата с ледовыми явлениями 19.02. Значит, максимальные уровни воды наступают при открытом русле, их значения в ряду H_{max} генетически однородны. Для данного створа целесообразна статистическая обработка ряда H_{max} ,без учета ледовых явлений.

Хотя кривые почти непрерывно смещаются вправо, вряд ли возможна экстраполяция их положения на годы вперед. В то же время 2002 г. показал, что не исключены противоположные смещения. Поэтому при статистической обработке ряда за расчетный принят период 1990...2004 гг.

По посту ур. *Коктюбе* данные наблюдений неполные. Имеющиеся материалы (табл. 4) свидетельствуют об общем уменьшении пропускной способности сечения в теплый период, хотя крайнее левое положение занимает кривая маловодного 2000-го года. С увеличением водности реки в 2001 г., видимо, произошел размыв русла, но затем до 2004 г. продолжилась тенденция уменьшения его пропускной способности.

Координаты кривых $Q = f(H)$ р. Сырдарья – урочище Коктюбе
за теплый период в разные годы

H , см	1985...1987	1988...1993	1994	2000	2001	2002...2004
200	35					
250	80					
300	162	125		45	75	
350	255	207		115	145	
400	357	300	307	190	230	
450	455	417	375	277	333	295
500	605	555	485	368	433	402
550	712	692	600	455	535	505
600	900	835	712			645
650	1105	1000	900			800
700			1100			955

За зимний период – последовательное уменьшение пропускной способности сечения, хотя имеются значительные «отклонения» отдельных точек, а за 1994 г. кривую вообще не удалось построить.

В то же время из пяти значений максимальных уровней воды, превышающих 700 см над «нулем поста», четыре приходится на теплый период, и лишь одно – на февраль. Таким образом, возможна статистическая обработка ряда высших годовых уровней воды.

По станции *Тюмень-Арык* (табл. 5) за теплый период – неоднозначные изменения кривых $Q = f(H)$. Наибольшая за 20 лет пропускная способность сечения была в 1994...1997 гг., затем – картина сложная, но в целом преобладает тенденция к понижению пропускной способности, ее минимум – в 2004 г. Вообще же изменения уровня при пропуске одного и того же расхода воды – в пределах 1...1,2 м.

Сходные тенденции – в зимний период. Но зимние кривые заметно выше летних лишь в области малых расходов воды, при больших расходах разница невелика. Сделан вывод, что возможна обработка единого ряда годовых максимальных уровней воды.

В створе поста *пгт. Тасбугет* максимальные уровни воды в основном приходятся на зимний период. О значительном влиянии ледовых явлений свидетельствует и тот факт, что некоторые точки на графике связи «отскакивают» от соответствующих кривых, и нередко это происходит для дат наступления H_{max} . При этом не совпадают даты максимальных уровней и максимальных расходов воды. Для получения расчетных H_{max} следует использовать кривую обеспеченности максимальных зимних уровней или же годовых максимумов (что почти одно и то же).

Таблица 5

Координаты кривых $Q = f(H)$ р. Сырдарья – ж.-д. ст. Тюмень-Арык
за теплый период в разные годы

$H, см$	Год							
	1985...1989	1990...1993	1994...1997	1998	1999	2000...2001	2002...2003	2004
Теплый период								
200						90		
225	35		125			110		
250	70		155			130		
275	108		190			158		
300	150	132	225			190		
325	190	175	265		345	225		
350	235	215	310		387	268	345	240
400	338	305	408	415	480	367	410	330
450	450	425	525	480	590	475	540	440
500	585	560	675	558	707		675	515
525	655	650	780	595	762		745	567
550	740	750	885	638	825		810	620
575	815	835	975	685	885		895	675
600		925	1070	735				740
625			1165	790				
650				850				
675				908				

<i>H, см</i>	Год					
	1985...1986	1990	1996...1998	1999	2003	2004
Холодный период						
225	50					
250	60					
275	75					
300	85					
325	100	115				
350	118	158			250	
375	140	245	360	455	300	
400		315	405	485	355	
425			460	522	425	
450			530	570	483	
475			585	625	560	
500				690		600
525						630
550						660
575						690
600						722

По посту *г. Казалинск (Казанлы)* в зимний период (табл. 6). В зимний период наблюдается явное увеличение пропускной способности сечения в последние годы. При этом связи уровней и расходов воды в последние годы очень слабые, включая и летний период, что вселяет сомнения в качественности наблюдений.

Появление ледовых форм здесь возможно уже в середине октября, а их исчезновение в середине апреля. Средние их даты приходятся на 21.11 и 30.03. Почти все годовые максимумы уровня воды приходятся на холодный период. Самый высший уровень за 20 лет приходится на 29.02.04, он связан с ледовыми явлениями, и ему соответствовал не слишком высокий расход воды – 345 м³/с.

Лучшим вариантом оценки расчетного уровня воды является использование кривой обеспеченности максимальных годовых уровней воды.

Таблица 6

Координаты кривых $Q = f(H)$ р. Сырдарья – г. Казалинск
за зимний период

$H, см$	1985, 1986, часть 1987, 1991, 1996	1989...1990	1991...1992 февраль	1998	2001	2002...2003
200	20					
250	34	100				
300	58	115				
350	85	135	160			
400	120	156	187	190		287
450	150	178	245	239		325
500	165	205		273		373
525	180	240		318	280	440
550	195	280		405	295	
575	210				315	
600					333	
625					353	

Итак, налицо не только существенные изменения стока, в том числе максимального, но и внутригодового его распределения, разнонаправленность русловых процессов, большое влияние ледовых явлений на в H тах нижних створах. Далее – можно считать, что во всех створах большинство величин H тах генетически однородны.

В итоге для оценки расчетных H тах следует, во-первых, ограничить расчетный период, а во-вторых, использовать для этой цели ряды годовых максимумов уровней воды.

Произведен расчет максимальных уровней воды различной обеспеченности по пяти постам по рядам годовых H тах за период 1990...2004 гг. В отношении максимальных уровней воды данного участка Сырдарьи обычна ситуация, когда нижняя часть ранжированного ряда подчиняется одному закону распределения, верхняя – другому. Чаще все-

го это – положительная асимметричность распределения для низких H_{\max} и отрицательная – для высоких. Поэтому использован вариант усеченного распределения [1,2]. Результаты расчетов представлены в табл. 7.

Таблица 7

Расчетные значения максимальных уровней воды в створах гидропостов

Створ	C_s	$H_{1\%}$, м БС	$H_{10\%}$, м БС
Нижний бьеф Шардаринско-го водохранилища	0	234,75	234,10
уч. Коктюбе	-2,0	180,41	180,33
ж.-д. ст. Тюмень-Арык	-1,4	161,03	160,72
пгт. Тасбугет	-1,0	129,15	128,90
г. Казалинск	3,0	68,84	67,17

Значения C_s в табл. 7, исключая верхний створ, получены для верхних частей ранжированных рядов. Для двух верхних створов использован и другой вариант расчета. По данным Казгипроводхоза максимальный сбросной расход с плотины Шардаринского водохранилища 1830 м³/с. По средней кривой $Q = f(H)$ для периода открытого русла за 1996...2004 гг. этому расходу соответствует уровень 234,50 м БС. Результат близок к ранее рассчитанному (табл. 7).

По связи максимальных расходов воды в створах Нижний бьеф Шардаринского вдхр. и уч. Коктюбе получено, что сбросному расходу 1830 м³/с во втором створе соответствует расход 1250 м³/с. Ему, в свою очередь, соответствует уровень 180,50 м БС, что почти совпадает с расчетным уровнем обеспеченностью 1 % (табл. 7).

Итак, по двум створам два разных метода оценки высших H_{\max} дали близкие результаты.

Разница в уровнях воды при одной и той же водности реки в разные годы (ΔH) по верхним створам (от плотины до ст. Тюмень-Арык) составляет от 0,5 до 1,2 м. В тех же пределах она находится в теплый период и по нижним створам. Но в период с ледовыми явлениями в районе Казалинска она доходит до 1,5 м, у Тасбугета – до 1,8 м, а в отдельных случаях – даже до 2,1 м.

Данные табл. 7 представляют результат комплексного анализа динамики максимальных уровней и расходов воды, пропускной способности сечений реки в разных створах, влияния ледовых образований на высокие уровни воды. Нам представляется, что они являются обоснованным приближением к возможным (ожидаемым) высшим H_{max} в сложнейших условиях нижнего течения Сырдарьи. В то же время необходимо иметь в виду, что в связи с неустойчивостью русла, большими значениями ΔH при одной и той же водности реки, точная оценка просто невозможна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гальперин Р.И. Использование усеченных кривых распределения для расчета максимальных уровней воды в реках// Вестник КазГУ. Серия географическая.-1999.- № 8-9. – С. 56-61.
- 2 Гальперин Р.И. Риск затопления приречных территорий Западного Казахстана// Геология регионов Каспийского и Аральского морей. - Алматы: Изд-во «КазГЕО», 2004. – С. 409-415.
- 3 Омаров К.А. Влияние антропогенных нагрузок на качество воды в низовьях Сырдарьи и пути его улучшения// Автореф. дис... канд. геогр. наук. – Алматы: ИГ АН КазССР, 2001.- 29 с.

Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы
Научно-производственный гидрометцентр РГП «Казгидромет»

СЫРДАРИЯНЫҢ ТӨМЕНГІ АҒЫСЫНЫҢ ЕҢ ЖОҒАРҒЫ СУ ДЕҢГЕЙЛЕРІ

Геогр. ғылымд. докторы Р.И. Гальперин
А.А. Белғожаева

Әр түрлі тұстамадағы Сырдария өзенінің су өткізу қабілеті зерттелген. Таңдалған есептік уақыт үшін сирек қайталанатын ең жоғарғы су деңгейлері бағаланған.