

Ж. Д. ДОСТАЙ, А. Ж. ДОСТАЕВА

ТОО «Институт географии», Алматы, Казахстан

РЕСУРСЫ РЕЧНОГО СТОКА КАЗАХСТАНА

Жұмыс Қазақстанның өзен ағындысын бағалау және пайдалануға арналған. Сегіз США және Қазақстан аумағының су ресурстарын бағалау және 2020 және 2030 жылдар деңгейіндегі сценарийлік болжамдар беріп жасалған.

Работа посвящена оценке и использованию ресурсов речного стока Казахстана. Проведена оценка водных ресурсов и даны сценарные прогнозы на уровне 2020 и 2030 гг. восьми ВХБ и территории Казахстана.

The work is dedicated to the assessment and use of resources of river runoff in Kazakhstan. The assessment of water resources and scenario forecasts for the level of 2020 and 2030 eight WMB and Kazakhstan.

Проблемы воды и возможные последствия глобального изменения климата для Казахстана имеют особый приоритет. Здесь в ближайшем будущем ожидается значительная интенсификация производства, проблема водного дефицита грозит стать особенно острой. На 1 км² нашей огромной территории мы располагаем менее 40 тыс. м³ речной воды в год, что в разы, а то и на порядок меньше, чем в любом другом государстве Центральной Азии.

Оценка современного состояния водных ресурсов и их прогноз на будущее осложняется тем, что речной сток является интегральной характеристикой взаимодействия многих геофизических процессов и физико-географических условий водосборных бассейнов.

Оценке ресурсов речного стока, их многолетним колебаниям посвящены многие работы [4–8]. Вопрос об устойчивости нормы речного стока во времени является дискуссионными [9–15]. Суть и важность проблемы оценки водных ресурсов очевидны, как и предельно ясна неотложность скрупулезного учета водных ресурсов и прежде всего речного стока.

Литературный обзор исследований по оценке водных ресурсов показывает, что суммарные ресурсы речного стока (наблюдаемые в средний по водности год) имеют явную тенденцию к сокращению: после многоводных 40-х годов прошлого столетия они оценивались в 150 км³/год, в 70–80-х годах – в 115–125 км³/год, на уровне 2000 г. – примерно в 100 км³/год и, наконец на уровне 2010 г. – в 94 км³/год [16].

Причины этого уменьшения – в увеличившейся антропогенной нагрузке на водные ресурсы и их водосборы, общеклиматических тенденциях, а главные – в растущих заборах воды из наших трансграничных рек за пределами территории РК. Ибо до недавнего времени примерно 44% стока наших рек поступали из КНР, России, стран Средней Азии. Семь из восьми водохозяйственных бассейнов относятся к трансграничным.

Также обобщения по речному стоку Казахстана, выполненные на основе единой методической базы, относятся к 50–70-м годам прошлого века [17]. При этом расчёты проводились на основе господствующей тогда концепции стационарности климата и речного стока. Вполне очевидно, что уже давно назрела необходимость переоценки этих данных с учётом дополнительной накопленной информации и на основе иной исходной концепции.

Такая работа проведена научно-исследовательскими группами Института географии и кафедры гидрологии суши КазНУ им. аль-Фараби под эгидой МОН РК. Дана оценка суммарных современных и ожидаемых ресурсов речного стока в разрезе восьми водохозяйственных бассейнов (ВХБ). Основные результаты изложены в настоящей статье.

Исходная информация. Анализ гидрологической изученности всех восьми ВХБ показал, что она недостаточна для надежной оценки водных ресурсов, их территориального распределения, вывода расчетных зависимостей. Преобладают короткие ряды, до 30–50% рядов имеются данные не более чем за 10 лет. Но и в более длительных рядах обычно содержатся значительные пропуски. На части постов в некоторые годы наблюдения велись не во все месяцы.

Кропотливая работа проведена по реконструкции рядов наблюдений. В ее основе – метод гидрологической аналогии с использованием приемов парной и множественной корреляции.

При этом соблюдены действующие нормативные требования, а также учтены последние российские наработки. В итоге восстановлены непрерывные многолетние ряды годового стока по 497 постам, в том числе: по Арало-Сырдаринскому бассейну – по 77 пунктам, по Балкаш-Алакольскому бассейну – по 74, по Ертисскому бассейну – по 60, по Есильскому бассейну – по 26, по бассейну рек Нура и Сарысу – по 38, по бассейну реки Тобыл – по 15, реки Торгай – 15, по Жайык-Каспийскому бассейну – по 80, по бассейну рек Шу и Талас – по 109 пунктам.

Кроме того, данные постов с короткими и ультракороткими рядами приведены к многолетнему периоду (также с соблюдением известных приёмов и норм).

Оценка нормы стока. Выполнен анализ многолетнего хода годового стока по основным рекам. В частности, использованы приёмы: интегральных (кумулятивных) кривых, скользящего осреднения, разностных интегральных кривых. В итоге проведенного анализа в целом подтверждаются выводы климатологов о новой фазе климата с середины 70-х годов. [8, 9]. К этому моменту относится начало прогрессирующего потепления глобального климата и направленных изменений объёма водных ресурсов регионов.

Результаты количественного анализа по водохозяйственным бассейнам (ВХБ) показывают, что сток основных рек северной половины Казахстана в последние 10-летия, примерно с 1974 г., снизился, в частности сток Кара Ертиса и крупных рек Западного Алтая, Тобыла, Тогызака, Нуры, Б.Хобды, Ойыла, а также рек Северного Прибалкашья. В то же время на реках с ледниковым питанием (юг и юго-восток РК) отмечена противоположная тенденция – некоторое повышение водности рек. Однако по абсолютному большинству створов уменьшилась межгодовая изменчивость речного стока.

В связи с изложенным установлены следующие расчётные периоды: 1) многолетний (его начало – с 30–40-х годов в разных ВХБ определяется особенностями гидрологической изученности территории); 2) период, характеризующий современную фазу климата и стока; по большинству ВХБ это 1974–2007 гг.; 3) период, значительная часть которого характеризуется условно-естественным стоком (в основном это период до 1974 г.).

В таких вариантах норма стока рассчитана по всем 8 ВХБ. Норма стока оценена, в том числе по коротким рядам по 857 пунктам, тогда как ранее в «Ресурсах...» для этого использованы 420 пунктов.

Норма стока за последний период в бассейне Верхнего Ертиса ниже многолетней на 6,7%, в бассейнах Жайык-Каспийского ВХБ – примерно на 10% (хотя сток правобережья р.Жайык, напротив, увеличился). Ещё значительнее уменьшение стока в сравнении с величинами, опубликованными в «Ресурсах поверхностных вод».

В Центральном Казахстане эта тенденция не прослеживается, а в бассейне р. Сарысу в последние 10-летия речной сток даже возрос.

Норма стока за последний период (1974–2007 гг.) на реках юга и юго-востока РК увеличилась на 1,7% (бас. Сырдария), 5,2% (бас. Шу-Талас) и 3,0% (Балкаш-Алакольский бассейн), кроме рек северного побережья оз. Балкаш, где наблюдается некоторое понижение стока за последний период.

Оценка влияния хозяйственной деятельности. Оценка искажения стока в результате хозяйственной деятельности и восстановление значений естественного (климатического) стока проводились разными методами: на основе учёта величины забора воды, оценки влияния на сток водохранилищ и прудов (в частности, по объёму их наполнения, по величине дополнительных потерь на испарение), по связям с постами с ненарушенным стоком, по методу линейного тренда.

Наибольшие изменения стока под влиянием хозяйственной деятельности произошли на юге республики. Так, величина уменьшения водных ресурсов бассейна р. Сырдария составляет в среднем 65% от климатического стока. Но в последние годы (2000–2007) прослеживается положительная тенденция стока реки Сырдария, что связано с повышением водности в зоне формирования и соответственно с увеличением притока к границе РК и Шардаринскому водохранилищу до 20%. Очень значительное антропогенное уменьшение стока – до 35–55% произошло в бассейнах рек Арыс, Бадам, Боген. В Центральном и Северном Казахстане антропогенные влияния сильно сказываются в маловодные годы. В бассейне р. Сарысу в очень

маловодный год (обеспеченность $P = 95\%$) в разных створах снижение стока составляет 50–90%; сток р. Есиль в маловодный год ($P = 80\%$) в створах Астана и Петропавловск снижается соответственно на 46 и 65%, а в очень маловодный год водохранилищами фактически задерживается весь сток.

Возобновляемые ресурсы речного стока. Возобновляемые водные ресурсы бассейнов обычно слагаются из стока, зафиксированного в замыкающих створах рек, притока воды ниже этих створов, а также стока неизученных рек. Поскольку на нижних участках рек в равнинном Казахстане сток обычно рассеивается, иногда вплоть до полного исчезновения, для расчёта суммарных водных ресурсов использованы данные по створам с максимальным стоком.

Суммарные водные ресурсы оценивались в двух вариантах: на основе наблюдаемого (бытового) и естественного (восстановленного) стока. Кроме того, разделялись значения местного, казахстанского, и стока, поступающего из соседних стран.

В масштабе 8 ВХБ оценены как средние водные ресурсы, так и ресурсы в характерные по водности годы (50, 75, 95% обеспеченности).

Значения водных ресурсов различной обеспеченности в пределах каждого ВХБ снимались с кривой обеспеченности, построенной по величинам суммарного стока рек в пределах каждого ВХБ. Общие водные ресурсы территории РК в годы различной обеспеченности стока определялись суммированием равнообеспеченных значений стока по всем ВХБ.

Средние водные ресурсы за многолетний период до 2007 г. составляют:

по наблюдаемым данным – $99,5 \text{ км}^3/\text{год}$,

по восстановленному естественному стоку – $115 \text{ км}^3/\text{год}$.

Заметим, что первая цифра очень близка к оценкам на 2000 г.

Суммарные ресурсы речного стока Казахстана (бытовой сток) за период наблюдений 1974–2007 гг. равняется $91,3 \text{ км}^3/\text{год}$ (50% обеспеченности), из которых $44,3 \text{ км}^3/\text{год}$ поступает из сопредельных государств, $47,0 \text{ км}^3/\text{год}$ составляет местный сток (таблица 1).

Таблица 1 – Современное состояние (бытовой сток за 1974–2007 гг./естественно-климатический сток за тот же период) водных ресурсов РК по ВХБ [16]

№ п/п	Водохозяйственные бассейны	Речной сток (50%), км^3		
		Всего	В том числе	
			сопр. стран	РК
1	Арал-Сырдаринский	15,9/29,8	14,2/26,5	1,74/3,28
2	Балкаш-Алакольский	25,6/29,0	11,9/12,7	13,7/16,3
3	Ертисский	30,9/33,7	6,45/7,32	24,5/26,4
4	Есильский	1,66/2,21		1,66/2,21
5	Жайык-Каспийский	10,5/12,8	8,31/9,87	2,23/2,93
6	Нура-Сарысуский	1,14/1,15		1,14/1,15
7	Тобыл-Торгайский	1,42/1,71	0,307/0,413	1,11/1,29
8	Шу-Таласский	4,13/4,65	3,31/3,36	1,00/1,29
	РК	91,3/115,1	44,3/60,2	47,0/54,9

Таким образом, за счет хозяйственной деятельности ресурсы речного стока Казахстана уменьшились на $23,8 \text{ км}^3/\text{год}$ (на 21%), в том числе трансграничного стока – на $15,9 \text{ км}^3/\text{год}$ (на 26%), местного стока – на $7,9 \text{ км}^3/\text{год}$ (на 14%). Наибольшее влияние хозяйственной деятельности проявились в Арало-Сырдаринском водохозяйственном бассейне (снижение на 47%), наименьшее – в Нура-Сарысуском и Ертисском бассейнах (уменьшение на 8%)

Сценарные прогнозы водных ресурсов. Для решения стратегических вопросов, связанных с использованием водных ресурсов, естественно, важно предвидеть их объем на перспективу. К сожалению, надежной методики прогноза регионального стока пока нет (даже при наличии надежного метеорологического прогноза, что также довольно проблематично).

Испытан ряд методов прогноза естественных (климатических) водных ресурсов, из них наиболее перспективными для предвидения ситуации на уровне 2020 и 2030 гг. признаны следующие:

1. По линии линейного тренда, выведенного для многолетнего периода.
2. На основе выведенных региональных связей стока основных рек с определяющими метеорологическими факторами. При этом использован прогноз метеорологических характеристик в среднем по девяти моделям общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) нового поколения (CMIP3 – coupled model intercomparison project). Этот прогноз дан в двух известных вариантах изменения концентрации в атмосфере парниковых газов: В1 («мягкий») и А2 («жесткий»).
3. Кроме того, для пяти ВХБ северной половины Казахстана использован прогноз [10] форм атмосферной циркуляции Г. Я. Вангенгейма, а также выведенные для этой цели связи водности основных рек в пределах каждого бассейна с различными ее формами.
4. Для сценарного прогноза на уровень 2020 и 2030 гг. использовано среднее из всех вариантов прогноза. Но если один из методов давал не согласующиеся с другими («отскакивающие») прогнозные значения водных ресурсов, то этот сценарий не использован при осреднении.

Значения сценарных прогнозов естественных водных ресурсов приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Прогноз естественного (климатического) стока на 2020 г. [16]

№	Водохозяйственные бассейны	Речной сток в год средней водности, км ³			Речной сток (50%), км ³		
		Всего	В том числе		Всего	В том числе	
			сопр. стран	РК		сопр. стран	РК
1	Арал-Сырдаринский	31,0	27,6	3,42	30,42	27,1	3,32
2	Балкаш-Алакольский	31,0	13,6	17,4	30,4	13,5	16,9
3	Ертисский	32,9	6,90	26,0	32,2	6,77	25,5
4	Есильский	2,12	–	2,12	1,68	–	1,68
5	Жайык-Каспийский	13,0	10,4	2,60	12,3	9,12	3,15
6	Нура-Сарысуский	0,755	–	0,755	0,621	–	0,621
7	Тобыл-Торгайский	2,03	0,418	1,62	1,668	0,345	1,323
8	Шу-Таласский	4,87	3,61	1,26	4,99	3,78	1,21
	РК	117,7	62,5	55,2	114	60,6	53,7

Продолжение таблицы 2

№	Водохозяйственные бассейны	Речной сток (75%), км ³			Речной сток (95%), км ³		
		Всего	В том числе		Всего	В том числе	
			сопр. стран	РК		сопр. стран	РК
1	Арал-Сырдаринский	25,78	23,1	2,68	20,25	18,3	1,95
2	Балкаш-Алакольский	26	11,9	14,1	20,8	10,1	10,7
3	Ертисский	27,247	5,449	21,798	21,192	3,814	17,378
4	Есильский	0,868	–	0,868	0,246	–	0,246
5	Жайык-Каспийский	8,683	6,233	2,45	4,95	3,313	1,637
6	Нура-Сарысуский	0,341	–	0,341	0,113	–	0,113
7	Тобыл-Торгайский	0,919	0,19	0,729	0,305	0,063	0,242
8	Шу-Таласский	4,36	3,41	0,95	3,58	2,93	0,65
	РК	94,2	50,3	43,9	71,4	38,5	32,9

Таблица 3 – Прогноз естественного (климатического) стока на 2030 г.[16]

№	Водохозяйственные бассейны	Речной сток в год средней водности, км ³			Речной сток (50%), км ³		
		Всего	В том числе		Всего	В том числе	
			сопр. стран	РК		сопр. стран	РК
1	Арал-Сырдаринский	31,3	27,8	3,45	30,64	27,3	3,34
2	Балкаш-Алакольский	31,3	13,7	17,6	30,7	13,6	17,1
3	Ертисский	33,4	7,00	26,4	32,711	6,869	25,842
4	Есильский	2,17	–	2,17	1,725	–	1,725
5	Жайык-Каспийский	13,3	10,6	2,66	13,427	9,206	4,221
6	Нура-Сарысуский	1,34	–	1,34	0,914	–	0,914
7	Тобыл-Торгайский	2,24	0,459	1,78	1,834	0,377	1,457
8	Шу-Таласский	4,90	3,66	1,24	5,02	3,83	1,19
	РК	120,0	63,2	56,6	117	61,2	55,8

Продолжение таблицы 3

№	Водохозяйственные бассейны	Речной сток (75%), км ³			Речной сток (95%), км ³		
		Всего	В том числе		Всего	В том числе	
			сопр. стран	РК		сопр. стран	РК
1	Арал-Сырдаринский	26,0	23,3	2,70	20,25	18,3	1,95
2	Балкаш-Алакольский	26,3	12,0	14,3	20,9	10,1	10,8
3	Ертисский	27,638	5,528	22,11	21,496	3,869	17,627
4	Есильский	0,89	–	0,89	0,252	–	0,252
5	Жайык-Каспийский	8,807	6,293	2,514	5,921	3,345	2,576
6	Нура-Сарысуский	0,502	–	0,502	0,167	–	0,167
7	Тобыл-Торгайский	1,011	0,207	0,804	0,335	0,068	0,267
8	Шу-Таласский	4,38	3,45	0,93	3,61	2,97	0,64
	РК	95,5	50,8	44,8	72,9	38,7	34,3

Примечание. Прогнозные значения водных ресурсов на 2020 и 2030 гг., формирующихся на территории РК и сопредельных стран, приняты в соответствии с процентным соотношением этих величин, полученных на период 2007 г., от прогнозных значений суммарных естественных ресурсов на те же периоды.

Как следует из таблиц 2 и 3, на уровне 2020 г. в средний по водности год естественные суммарные водные ресурсы составят 117,7 км³, что несколько выше среднего многолетнего и на 3% больше современных ресурсов. Это увеличение произойдет в основном за счет южных бассейнов, где в формировании стока рек принимают участие ледники. По пяти северных ВХБ суммарные водные ресурсы, напротив, понизятся на 1,5% в сравнении с многолетним периодом.

На уровне 2030 г. ожидается уже более значительное увеличение водных ресурсов – до 120 км³, и это повышение стока будет почти повсеместным.

В то же время, на наш взгляд, нельзя игнорировать вероятность значительного маловодья в северной половине Казахстана в ближайшее 10-летие – 2012–2021 гг. По [10], в этот период в атмосферных процессах ожидается преобладание восточной формы циркуляции Е, что на этой части РК обычно сопровождается значительным снижением речного стока. Именно такая ситуация сложилась в 30-е годы прошлого столетия, когда катастрофическое маловодье охватило не только северную половину нашего материка, но и часть Северной Америки. Аналогичного маловодья с тех пор, к счастью, Казахстан не испытал.

По данному сценарию суммарные водные ресурсы в бассейнах Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана (пять ВХБ) составят в средний по водности год 43,6 км³, что на 12 % ниже нормы последнего 34-летнего периода и на 15,5% ниже многолетней нормы.

Заключение. Итак, на основе практически всей накопленной гидрометрической информации с использованием современной методологии и статистических приемов оценены водные ресурсы восьми ВХБ и территории Казахстана в целом в вариантах: бытовой (наблюдаемый) и естественный (климатический) сток, суммарный и местный сток; все это получено для расчетных периодов: многолетнего (с начала–конца 30-х годов), современного (в основном это 1974–2007 гг.) и предшествующего ему периода, большая часть которого характеризуется условно-естественным стоком. Эти материалы можно рассматривать как обновленные данные изданных «Ресурсов поверхностных вод...» 50–70-х годов. Они учитывают накопленную за прошедший с тех пор 40–50-летний период информацию и изменения в связи с климатическими и антропогенными факторами. Данные найдут применение при решении стратегических и текущих вопросов, связанных с использованием водных ресурсов, количественным качественным управлением ими.

При проектировании соответствующих мероприятий полезными будут и прогнозные характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1983. – 36 с.
- [2] Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
- [3] Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Издание официальное. – М.: Госстрой России, 2004. – 73 с.
- [4] Ефимович П.А. Вопросы водохозяйственных расчетов и гидрологии. – М.: Главная редакция энергетической литературы, 1936. – 87 с.
- [5] Калинин Г.П. Проблемы глобальной гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 364 с.
- [6] Крицкий С.И., Менкель М.Ф. Гидрологические основы речной гидротехники. – М.; Л.: Изд.АН СССР, 1950. – 392 с.
- [7] Леонов Е.А., Леонов В.Е. Применение метода линейного тренда для оценки и прогноза изменения годового стока под влиянием орошения. – Изв. ВГО. –1981. – Т.113, вып. 5. – С. 400-403.
- [8] Леонов Е.А., Леонов В.Е. Исследование тенденции изменения водности рек при оценке нормы стока // Метеорология и гидрология. – 1982. – № 4. – С. 75-84.
- [9] Раткович Д.Я. Многолетние колебания речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 255 с.
- [10] Андреев В.Г. Циклические колебания годового стока и их учет при гидрологических расчетах. – Тр. ГГИ. – 1959. – Вып. 68.
- [11] Вендеров С.Л. Проблемы преобразования речных систем СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
- [12] Израэль Ю.Э. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
- [13] Кузин П.С. Циклические колебания стока рек Северного полушария. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.
- [14] Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 297 с.
- [15] Шнитников А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. – Л.: Гидрометеиздат, 1969.
- [16] Достай Ж.Д., Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К., Алимкулов С.А. Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз // Вопросы географии и геоэкологии. – Алматы, 2012. – № 4. – С. 18-24
- [17] Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – Т. 12-15, вып. 2. – 646 с.
- [18] Шнитников А.В. Колебания климата и общей увлажненности в XVII-XX столетиях и их будущее // Изв. ВГО. – 1975. – Т. 107, № 6.
- [19] Вода всего мира: достаточно ли ее?/ Всемирная метеорологическая организация. – 1997. – 22 с.
- [20] Водные ресурсы России и их использование. – СПб.: ГГИ, 2008. – 600 с.
- [21] Пальгов Н.Н. Реки Казахстана. – Алма-Ата: Изд. АН КазССР, 1959. – 100 с.
- [22] Кеншимов А.К., Ибатуллин С.Р., Заурбек А.К. Проблемы использования водных ресурсов в Республике Казахстан // Водное хозяйство Казахстана. –2005. – № 4. – С. 229-233.