

УДК 556.16.001.24(574)

О ФОРМИРОВАНИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСХОДОВ ВОДЫ В РЕКАХ

Доктор геогр. наук Р.И. Гальперин
 М.М. Молдахметов

Проведен статистический эксперимент с рядами стока в равнинном Казахстане. Сделан вывод, что произошедшие здесь изменения водности рек обусловлены не только хозяйственной деятельностью на водосборе, но и климатическим непостоянством.

Хотя в последние десятилетия много внимания уделялось свойствам и структуре гидрологических рядов [4, 5, 9, 10, 12], к настоящему времени в гидрологии сложилась ситуация, когда любой вариант обработки временного стокового ряда может вызвать обоснованные возражения. Что представляет собой статистический ряд? Надо ли учитывать климатические тенденции и антропогенные воздействия и с какого момента? Какой вариант их учета принять? Вопросов больше, чем ответов на них.

В капитальном труде [8], выполненном ГТИ - ведущей научной гидрологической организацией СНГ, проанализированы ряды годового стока продолжительностью 40 лет и более по 509 гидропостам на всей территории бывшего СССР и сделан вывод, что нестационарных из них лишь 6-7 %. Поскольку налицо определенные климатические и значительные антропогенные изменения водности рек, особенно на водотоках юга ЕТС, Казахстана и Средней Азии, не может не вызвать скепсиса как само это заключение, так и статистические предпосылки, положенные в его основу. Принцип "презумпции однородности рядов" приводит к слишком большим различиям в размерах доверительной и критической областей статистического спектра.

Общеизвестны значительные временные изменения водности рек в различных регионах земного шара [1, 4, 7, 11, 13]. Попытки отнести их всецело за счет как климатических, так и антропогенных факторов, по-видимому, недостаточно корректны. Очевидно, целесообразно разделение этих составляющих. Но такое разделение встречает значительные трудности, особенно в специфических условиях равнинного Казахстана.

Равнинный Казахстан - та его часть, где формируется сток, - находится в особых гидрологических условиях: на стыке бессточных районов Средней Азии - юга Казахстана и Западной Сибири - ЕТС, где сток устойчивый. Поэтому в одни годы особенности формирования стока в северной половине Казахстана приближаются к условиям пустынь, в другие - к условиям районов с устойчивым стоком. Это, в дополнение к исключительной внутритродовой неравномерности стока, обуславливает огромный межгодовой размах колебаний его годовых и максимальных значений даже для сравнительно крупных рек - рекордный для континента [10], а может быть, и для всей суши.

Если исследование антропогенных воздействий на сток в любом регионе наталкивается на значительные трудности, то для равнинного Казахстана они особенно велики. Труднее, чем в других районах, выделить их при колоссальных фоновых, климатических, вариациях стока. При этом несравненно возрастает роль различий таких воздействий в маловодные и многоводные годы. Помимо того, в специфических условиях равнинного Казахстана эффект воздействий трудно оценить еще и по следующим причинам: слабая связь стока с метеорологическими показателями, слабые пространственные связи и нет надежных рек-аналогов, в бассейнах которых антропогенные воздействия незначительны. Все это существенно снижает возможности применения как статистического, так и водно-балансового методов, и затрудняет создание базы для математического моделирования.

В работах [2, 3] показано, что годовой, а тем более максимальный сток по основным рекам равнинного Казахстана за период наблюдений снизился до 40-60 %, очень существенно уменьшилась и его абсолютная изменчивость. В.А. Семенов [11] считает эти изменения результатом хозяйственной деятельности на

водосборе, климатический тренд автором отрицается. Но основные изменения произошли сразу после 30-40-х годов, то есть до освоения целины и вообще до значительной активизации хозяйственной деятельности в бассейнах рек. Ранее показано, что статистические свойства рядов стока и уровней воды в очень большой степени зависят от состава исходного ряда, за пределами 30-40-х годов они значительно меняются: ослабевает тенденция к группировкам лет одной градации водности, ряды мало отличаются от случайных последовательностей, слабо выражен многолетний тренд, уменьшаются вариации стока. В этих условиях даже неискаженные натурные ряды за счет климатических колебаний давали бы значительное изменение своих параметров от периода к периоду. Поэтому статистический метод не может обеспечить надежных результатов при выявлении антропогенных влияний.

В этом плане небезынтересно проведение статистического эксперимента, который позволил бы оценить роль различных по водности лет в формировании значений параметров временного ряда. Это особенно полезно при выявлении воздействия водохранилищ на параметры максимального стока ниже плотин. Ведь одни водохранилища срезают пики редкой повторяемости, другие в случае выдающегося половодья "работают по гидрографу", сбрасывая почти неискаженный максимальный расход воды. С другой стороны, малые паводочные волны неизбежно трансформируются значительными водохранилищами

Кому часто приходилось "от руки" вычислять параметры распределения стока, знают, что большинство членов ряда играют роль "статистов", а сами эти параметры, в особенности коэффициент вариации C_v , определяются во многом несколькими крайними членами ранжированного ряда - самыми большими и самыми малыми значениями расходов воды. В равнинном же Казахстане, с его колоссальными вариациями стока, картина еще определеннее: основную роль играют именно самые высокие расходы воды. Действительно, в известную формулу для расчета C_v входит квадрат отклонения модульного коэффициента каждого года от единицы, $\sum(K - 1)^2$. Даже при близком к нулю расходе воды в маловодные годы значение этой величины не превысит единицу. Если же вариации стока очень велики, то в выдающиеся по водности

годы расход воды (максимальный, годовой) может превосходить математическое его ожидание в несколько раз, что после возведения $(K - 1)$ в квадрат предопределяет огромную их роль в формировании самой величины C_v . И на норму стока выдающиеся по водности годы влияют больше маловодных, не говоря уже о годах, близких к средним.

Первый эксперимент отвечает на вопрос, как сказываются самые маловодные и многоводные годы на математическом ожидании и среднем квадратическом отклонении (стандарте) максимальных расходов воды. Взяты створы р. Урал - с. Кушум и р. Ишим - г. Акмола. Первый включает 81 год - с 1912 по 1992 год, второй 53 года - с 1938 по 1990 год. Из рядов последовательно удалено по 1, 3, 5 самых маловодных и самых многоводных лет. Заметим, что однородность ряда здесь не обязательна, ведь можно было бы проводить эксперимент и по моделированным рядам.

Изъятие из ряда даже одного, самого выдающегося по значению максимального расхода года, заметно снижает норму и стандарт, соответственно на 5-7 и 8-11 % (табл. 1). Изъятие же пяти самых многоводных лет исказило бы параметры распределения очень значительно, соответственно на 21-25 и 31-34 %. Исключение из ряда маловодных лет сказывается на параметрах значительно меньше: оно практически не меняет стандарта, эффект увеличения нормы в несколько раз меньший, чем от изъятия первых членов ряда (при обратном знаке воздействия).

Но агромероприятия, мелкие водохранилища и пруды как раз не уменьшают высокие годовые, а тем более максимальные расходы воды. Расходы могут даже несколько увеличиться [13 и др.]. Правда, эти виды хозяйственной деятельности уменьшают не только низкие расходы, но и средние, поэтому их эффект может быть большим, чем при исключении из ряда самых маловодных лет.

Эксперимент второй. В [6] приведен пример расчетного снижения стока по притоку Ишима - р. Акканбурлук : средний годовой расход обеспеченностью 5 % за счет агротехнических мероприятий увеличен на 4 %, в средний по водности год сток меньше на 40 %, а расход обеспеченностью 95 % - на 60 %. Примем эти данные для створа р. Ишим - г. Астана. По трем точкам построена кривая обеспеченности средних годовых расходов воды (%) и для

каждого года ранжированного ряда введена соответствующая поправка. Результаты расчетов следующие.

Таблица 1

Изменение характеристик максимального стока при
изъятии из ряда экстремальных лет

Число исключенных лет	р. Урал – с. Кушум				р. Ишим-г. Акмола			
	$\bar{Q}, \text{ м}^3/\text{с}$	$\sigma, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta\bar{Q}, \%$	$\Delta\sigma, \%$	$\bar{Q}, \text{ м}^3/\text{с}$	$\sigma, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta\bar{Q}, \%$	$\Delta\sigma, \%$
0	2860	3210			238	246		
	Многоводные годы							
1	2720	2980	-4,9	-7,7	222	220	-6,7	-11
3	2470	2530	-14	-21	195	177	-18	-28
5	2260	2230	-21	-31	179	162	-25	-34
	Маловодные годы							
1	2890	3220	+1,1	+0,2	242	246	+1,7	0
3	2960	3240	+3,3	+0,8	252	247	+6,1	+0,4
5	3020	3250	+5,5	+1,4	262	247	+10	+0,4

Для натурального ряда $Q_{\text{год}}$ равен $5,41 \text{ м}^3/\text{с}$, σ составляет $4,51 \text{ м}^3/\text{с}$, для моделированного ряда соответственно $4,23$ и $4,81 \text{ м}^3/\text{с}$. Стандарт увеличился на 6% , средний сток снизился на 22% , что, кстати, совпадает со значением, приводимым В.Е. Водогрецким [13] для всего бассейна Ишима. Коэффициент вариации мало изменился, с $0,84$ до $0,88$. Известно, что при освоении целины этот бассейн подвергся значительной распахке, так что данный эффект можно считать близким к предельному.

Эксперимент третий. Предположим, что все наибольшие из максимальных расходов воды снижаются гипотетическим водохранилищем до одного значения максимального расхода 10% обеспеченностью. Тогда вышеупомянутый ряд по Уралу дает средний

Q_{\max} равный 2600 м³/с, а σ составляет 2520 м³/с, т.е. средний максимальный расход снижается на 9 %, а стандарт - почти на 22 %. Близкие значения трансформации для такого случая дает и ряд по р. Ишим - г. Астана: Q_{\max} составляет 212 м³/с, а стандарт 184 м³/с, что соответствует снижению на 11 и 25 %.

Фактически многие водохранилища многолетнего регулирования не влияют на пики редкой повторяемости. Так, по данным Целиноградского управления мелиорации и водного хозяйства за 1986 год, "снижение уровней р. Ишим при искусственном регулировании затворами Вячеславского водохранилища при 2 %-ой обеспеченности половодья будет незначительным" (здесь и ниже - сведения из официальной переписки института "Энергия" - бывшего Казэнергопроект). По данным Союзводоканал-проекта для Каратомарского водохранилища на Тоболе в 1965 году "сбросные расходы и горизонты воды с обеспеченностями 2 и 5 % в первом приближении можно принять равными "бытовым". По данным той же организации за 1966 год, "проектируемое (Верхнетобольское) водохранилище при заполнении его до проектной отметки НПГ практически не вызовет трансформации расходов половодья с обеспеченностями 1, 2 и 5 %". В отчете Казэнергопроект 1991 г. в отношении Самаркандского водохранилища сообщается: "по сведениям института Гидропроект, расходы воды редкой повторяемости проходят через гидроузел без срезки пика".

Итак, основные водохранилища совсем не обязательно снижают пики высоких половодий, а стало быть, в соответствии с экспериментом 1, могут и не исказить существенно естественных параметров распределения стока. Но они скорее всего заметно трансформируют низкие максимальные расходы, а может быть и средние.

Эксперимент четвертый. Взят ряд по Ишиму и гипотетический случай, когда все низкие максимумы, начиная с распадов 80%-ной обеспеченности уменьшаются вдвое. При этом, как показали расчеты, Q_{\max} снижается менее, чем на 1 %, σ увеличивается на столько же. Для ряда по Уралу та же процедура дает уменьшение максимального расхода на 2 %, на 1,4 % - увеличивается σ . Углубим последний эксперимент. В дополнение к уменьшению на 50 % расходов,

обеспеченностью 80 % и более, снизим на 25 % расходы, обеспеченностью от 60 до 80 %. В таком случае в сравнении с исходным рядом расход уменьшился на 4 %, а σ увеличилась на 2,3 %.

Итак, в условиях, когда обычные статистические методы дают неубедительные результаты, небесполезным оказалось проведение статистических экспериментов. Они показали, что в ряде случаев хозяйственная деятельность на водосборе и гидротехнические сооружения в русле реки явно не могли стать единственной причиной отмеченных значительных изменений годовых и особенно максимальных расходов воды в реках и их многолетней изменчивости.

Следовательно становятся очевидными влияния климатических фактов. Это обстоятельство подтверждается и другими методами анализа. Например, ряд максимальных расходов воды р. Ишим- г. Петропавловск в соответствии с критериями Фишера, Стьюдента, Вилкоксона (уровень значимости 5 %) неоднороден с 1950 года. Но создание водохранилища многолетнего регулирования на рубеже 60-х и 70-х годов не было причиной происшедших изменений стока. При сопоставлении двух частей ряда – за 50-60-е и за 70-80-е годы ни один из трех примененных критериев не дает оснований считать, что с наполнением водохранилищ статистические характеристики ряда значимо изменились. Стало быть, причиной нарушения однородности в ряду максимальных расходов воды послужили, в основном, упомянутые климатические изменения.

Статистические характеристики стоковых рядов, в особенности максимальных расходов воды, во многом зависят от нескольких первых членов ранжированных рядов. Нередко хозяйственная деятельность на водосборе и даже водохранилища многолетнего регулирования стока не оказывают большого влияния на пики гидрографов высоких половодий и не могут быть причиной неоднородности в гидрологических рядах. При выделении антропогенной составляющей происшедших изменений с помощью статистического метода некорректно все случаи нарушения однородности приписывать влиянию хозяйственной деятельности, необходимо количественно разделять эффекты климатических и антропогенных изменений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко В. Н., Масанова М. Д., Четвериков А. А. Индикация изменений климата. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 111 с.
2. Гальперин Р.И. Высокие уровни воды на реках равнинног Казахстана. - Алматы: КазГУ, 1994. - 171 с.
3. Гальперин Р.И. Пространственно-временная изменчивость вопросы расчетов стока в Казахстане / Алматы, 1996. - 225 с. Деп. в КазгосИНТИ 10.12.96, N 7313 - Ка 96.
4. Денисов П. П. Изменения речного стока по крупным региона земного шара // Метеорология и гидрология. - 1980. - N 6. С. 106 - 109.
5. Дружинин И. П., Смага В. Р., Шевнин А. И. Динамик многолетних колебаний речного стока. - М.: Наука, 1991. - 176 с.
6. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственно деятельности на сток малых рек при гидрологических расчета для водохозяйственного проектирования. - Л.: Гидрометеиздат 1986. - 334 с.
7. Оценка влияния возможных изменений климата н гидрологический режим и водные ресурсы территории бывшего СССР // В. Ю. Георгиевский, А. В. Ежов, А.А. Шалыгин и др.// Метеорология и гидрология. - 1996. N 117. - С. 89 - 98.
8. Пространственно-временные колебания стока рек СССР. - Л. Гидрометеиздат, 1988. - 376 с.
9. Раткович Д.Я. Многолетние колебания стока рек СССР. - Л. Гидрометеиздат, 1976. - 255 с.
10. Румянцев В. А., Бовыкин И. В. Пространственно - временны закономерности колебаний рек стока Евразии. - Л.: Наука 1985. - 148 с.
11. Семенов В. А. Ресурсы поверхностных вод засушливы внутриконтинентальных территорий и информационно обеспечение их оценки //Автореф. дис. д-ра. геогр. наук. Иркутск. - 1986. - 33 с.
12. Шелутко В. А. Статистические модели и методы исследовани многолетних колебаний стока. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. 158 с.

13. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 334 с.

Казахский государственный национальный
университет им. аль-Фараби

ӨЗЕНДЕРДЕГІ СУ ШЫҒЫНЫНЫҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ТУРАЛЫ

Геогр. г. докторы Р.И. Гальперин
М.М. Молдахметов

Қазақстанның жазықтық езендерінің ағындар қатарына статистикалық тексеріс жүргізілген. Өзендер сулылығының өзгерісі тек алаптарда жүргізілген шаруашылық іс-әрекеттермен айқындалмайды, сондай-ақ климаттық өзгерістердің де әсері бар деген қорытынды жасалған.