

УДК 504.4.062.2(574)

**ОБ УЧЁТЕ СКРЫТЫХ РЕЗЕРВОВ ВОДЫ ПРИ ОБОСНОВАНИИ
ОСТАТОЧНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА РЕК**

Канд. геогр. наук М.Ж. Бурлибаев

Современное водохозяйственное планирование и использование водных ресурсов из-за отсутствия научно обоснованных подходов в определении оросительной способности водотоков, с учётом обеспечения устойчивости и сохранения речной экосистемы, повсеместно приводят к полнейшей ее деградации вследствие безвозвратного забора воды для целей орошения. Рассматриваются вопросы выявления скрытых резервов воды путём согласования режимов орошения и водоисточника для поддержания объёмов остаточного экологического стока рек.

Напряженная водохозяйственная обстановка, сложившаяся в Казахстане, требует немедленного решения ряда вопросов, связанных с изучением и оценкой современного, а также перспективного использования водных ресурсов региона, прежде всего связанного с обоснованием остаточного экологического стока рек, исходя из фактических условий деградации экосистем. В этой связи нами проводился поиск скрытых резервов воды, в том числе путём согласования режимов орошения (поливного структурного гектара), как крупного водопотребителя в условиях Казахстана, и водоисточника. Изучению этих вопросов посвящен ряд работ [3, 5 и др.].

Как принято на практике, оросительную способность водотоков определяют, исходя из условия, что засушливые периоды на орошаемом участке совпадают с низкой водностью реки. Однако маловодье в реке и засухи - явления различные по своей природе. Водность реки в каком-либо створе формируется под влиянием климатических и гидрометеорологических условий всего контролируемого водосбора. Засушливость же на орошаемом участке прежде всего обуславливается конкретным гидрометеорологическим режимом в этом районе. Поэтому не каждый засушливый сезон является маловодным и наоборот. При расчете и анализе водообеспеченности больших регионов, где отмечаются значительные колебания режима естественного увлажнения почв, необходимо учитывать пространственно-временные колебания потребностей в воде и ее ресурсы в источнике. Водопотребление на орошение по нормам заданной обеспеченности (единой по всей рассматриваемой территории), сопоставление его с расчетным стоком аналогичной

обеспеченности может привести к завышенному показателю дефицита водных ресурсов и дополнительному регулированию речного стока [2]. На необходимость учета асинхронности режимов орошения и водоисточника указано рядом авторов [3, 5]. В приведенных выше работах ресурсы и потребности воды задаются дискретно, что не всегда справедливо и является недостаточным для надежных пространственных обобщений, где требуется полноценный совместный анализ полей водопотребления и ресурсов водоисточника.

Для количественной оценки эффекта асинхронности рассматриваемых полей одним из наиболее простых и надежных является метод, предложенный Н.В. Сомовым [6], в основе которого лежит определение асинхронности по суммарным хронологическим и равнообеспеченным рядам значений гидрометеорологических величин. Достоинство этого метода заключается в возможности однозначного определения количественных параметров эффекта асинхронности в любых зонах кривой обеспеченности в отдельности и для всей совокупности значений исследуемой величины. В качестве основного количественного показателя степени асинхронности полей речного стока и потребления на орошение принято выражение

$$K'_{ac}(P) = \frac{W^c_{xp} + W^o_{xp}}{W^c_{po} \bar{K}^c_{ac}(P) + W^o_{po} \bar{K}^o_{ac}(P)}, \quad (1)$$

где $W^c = W^c_p - W^c_{o.э.с.}$ - объем речного стока, который может использоваться на орошение (W^c_p - полный сток; $W^c_{o.э.с.}$ - остаточный экологический сток), W^o - объем воды, требуемый на орошение; $\bar{K}^c_{ac}(P)$ - коэффициент асинхронности водных ресурсов по территории; $\bar{K}^o_{ac}(P)$ - коэффициент асинхронности орошения по территории; x_p - индекс, обозначающий хронологические величины; p_o - индекс, обозначающий равнообеспеченные величины.

Из выражения (1) объем воды, требуемый на орошение, с учетом всех рассматриваемых коэффициентов, составит

$$W^o = F_o [M_{50} \bar{K}_c(P) (K^c_{ac}(P) - 1) + M_p \bar{K}_{ac}(P) \bar{K}^o_{ac}(P)], \quad (2)$$

где F_o - суммарная площадь орошения рассматриваемой территории; M_{50} , M_p - оросительные нормы 50 % и P % обеспеченности; $\bar{K}_c(P)$ - модульный коэффициент стока расчетной обеспеченности.

Рассмотрим порядок определения указанных коэффициентов. Асинхронность в формировании водных ресурсов и потреблении определяется целым рядом факторов. Несмотря на это, на основе

анализа сочетаний различных по водности и засушливости лет с той или иной вероятностью можно определить территориально устойчивые коэффициенты асинхронности. Для их нахождения предлагается использовать функции пространственной асинхронности (ФПА) [1]. Суть методики состоит в том, что для однородных и изотропных полей устанавливаются зависимости коэффициентов асинхронности от расстояния ρ между рассматриваемыми объектами и обеспеченности P , которые для удобства пользования аппроксимированы линейными зависимостями вида

$$\bar{K}_{ac}(P) = 1 + \alpha(P)\rho, \quad (3)$$

где $\alpha(P)$ - эмпирический градиент ФПА.

Для определения значения асинхронности рассматриваемой величины той или иной территории необходимо проинтегрировать выражение (3) по площади. При этом площадной коэффициент асинхронности определяется по зависимости следующего вида

$$\bar{K}_{ac}(P) = 1 + \alpha(P)\sqrt{F}, \quad (4)$$

где F - площадь рассматриваемой территории.

Анализ показывает, что для различных водотоков и интервалов осреднения имеют место значительные колебания коэффициентов асинхронности режимов стока и орошения. Это вызвано не столько различиями физико-географических, гидрологических и почвенных условий на водосборах, сколько элементарной ограниченностью в ряде случаев исходной информации. Поэтому для повышения надежности и упорядочения полученных результатов проанализирована возможность объединения рядов коэффициентов асинхронности с целью выявления территориально устойчивых характеристик. Оценка однородности обобщенных рядов коэффициентов асинхронности проведена с помощью критерия значимости [4]. В данном случае нами принята следующая последовательность расчёта. Методом анализа корреляционной связи исследовались колебания речного стока в расчетных створах и дефицит водного баланса (ДВБ) поливного структурного гектара за реальные годы. Результаты, полученные с помощью определения обеспеченности стока и ДВБ за расчетный период: год, теплый период (апрель-октябрь), критический месяц (август), показали слабую корреляционную связь между этими величинами. Обеспеченность ДВБ оказывается меньше обеспеченности стока в засушливые годы (за исключением нескольких лет), а в многоводные - наоборот, т.е. засухи на рассматриваемой территории и маловодье в источнике орошения не совпадают во времени и имеют значительную асинхронность.

— Для количественной оценки асинхронности стока и орошения во времени, за некоторый период определяется сток в замыкающем створе речного бассейна и суммарный ДВБ для всей территории. Для удобства расчета сток реки и ДВБ выражены в относительных единицах, т.е. через модульные коэффициенты \bar{K}_c и \bar{K}_{op} . По имеющемуся ряду стока и ДВБ строятся хронологические кривые обеспеченности. После чего значения стока и ДВБ располагаются в таком порядке, где большему значению ДВБ соответствует меньшее значение речного стока. Построенные кривые обеспеченности для исследуемых рек показывают, что хронологические кривые обеспеченности в сухие и засушливые годы расположены выше синхронной, а во влажные годы — наоборот (рис.).

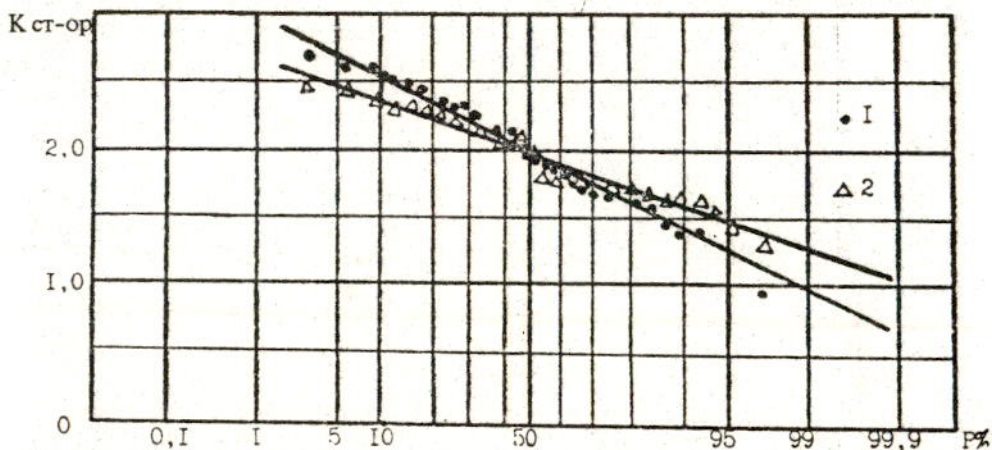


Рис. Кривые обеспеченности хронологических (1) и равнообеспеченных (2) сумм модульных коэффициентов стока ($K_{ст}$) и ДВБ ($K_{ор}$) для р. Сырдарья - г. Казалинск

С помощью кривых обеспеченностей (хронологических и равнообеспеченных) и сумм модульных коэффициентов ($\bar{K}_{ст} + \bar{K}_{ор}$), по отношению ординат этих кривых для стока любой обеспеченности можно определять значение коэффициента асинхронности ($\bar{K}_{ас}$). Полученные значения ($\bar{K}_{ас}$) приведены в табл. 1.

Таким образом, полученные данные указывают на возможность существенной экономии водных ресурсов для увеличения остаточного экологического стока рек ниже гидроузлов, исходя из нужд речной экосистемы. Найденные таким путем коэффициенты асинхронности для любой (заданной) обеспеченности позволяют определить соответствующее этому стоку хронологическое значение дефицита водного баланса.

Таблица 1

Эффект асинхронности колебаний режима орошения
и речного стока

Обеспеченность, Р%	Коэффициент асинхронности за расчетный интервал времени		
	Август	Теплый период	Год
Бассейн р. Сырдарья			
5	0,94	0,98	0,92
10	0,94	0,98	0,95
25	0,88	0,99	0,99
50	1,05	0,96	1,02
75	1,27	1,05	1,02
90	1,25	1,05	1,21
95	1,28	1,28	1,27
Бассейн р. Тобол			
5	0,72	0,82	0,81
10	0,78	0,97	0,95
25	0,87	0,96	0,96
50	0,95	1,08	1,08
75	1,61	1,37	1,39
90	1,76	1,71	1,71
95	1,88	1,91	1,89
Бассейн р. Ишим			
5	0,95	0,91	0,95
10	0,83	0,85	0,82
25	0,76	0,99	0,96
50	1,14	1,20	1,16
75	2,65	1,54	1,55
90	3,36	1,75	1,78
95	3,47	1,95	1,84

Анализ полученных результатов однозначно показывает, что с возрастанием обеспеченности адекватно возрастает эффект асинхронности режима орошения и речного стока. Например, в самом напряжённом в водохозяйственном отношении бассейне р. Сырдарья в годовом разрезе K_{ac} при $P=5\%$ составляет 0,92, тогда как при $P=95\%$ равен 1,27. Эта тенденция сохраняется и для речных бассейнов Тобола и Ишима. Чем значительнее обеспеченность (0→100), тем больше асинхронность между водопотреблением (орошения) и речным стоком. Связь между K_{ac} и обеспеченностью (P) можно выразить аналитической зависимостью в виде

$$K_{ac}(P) = (A_p - BP)^{-n}, \quad (5)$$

где А и В - эмпирические коэффициенты, индивидуальные по каждому рассматриваемому бассейну и зависящие от принятых интервалов осреднения (табл. 2); Р - обеспеченность по стоку; n - коэффициент редукции, в нашем случае равный 1.

Таблица 2

Индивидуальные эмпирические коэффициенты
для аппроксимации аналитической зависимости асинхронности
при различных интервалах осреднения

Интервал осреднения	А	В	Коэффициент корреляции
Бассейн р. Сырдарья			
Год	1,137	0,004	-0,813
Теплый период	1,155	0,003	-0,708
Август	1,131	0,003	-0,833
Бассейн р. Тобол			
Год	1,308	0,008	-0,938
Теплый период	1,299	0,008	-0,926
Август	1,467	0,012	-0,911
Бассейн р. Ишим			
Год	1,400	0,009	-0,941
Теплый период	1,352	0,009	-0,947
Август	1,402	0,011	-0,889

Необходимо отметить, что, используя изложенные в данной статье способы, можно восстановить пропуски в наблюдениях не только по стоку, но и по дефициту водного баланса поливного структурного гектара. На тесноту связи показывают полученные коэффициенты корреляции, изменяющиеся от минус 0,708 до минус 0,947. Отрицательные их значения указывают на обратную связь этих величин. Введение этих коэффициентов при расчетах балансов стока позволяет уточнить оценку степени использования водных ресурсов, что в настоящее время немаловажно. Например, для приведенных речных бассейнов учет асинхронности стока и потребности в воде для орошения во времени даёт возможность уменьшить расчетные водопотребление по всему речному бассейну на 10-25 %, что значительно улучшает состояние баланса (особенно остаточного экологического стока) и равнозначно выявлению скрытых резервов воды. Результирующие обобщенные коэффициенты асинхронности (табл. 3) позволяют, прежде всего, избежать громоздких и трудоемких работ по подготовке исходной информации и ее обработки. Они могут быть использованы также для неизученных бассейнов, схожих по природно-климатическим условиям.

Таблица 3

Обобщенные коэффициенты асинхронности режимов
орошения и речного стока

Обеспеченность орошения, P, %	Интервал обобщения		
	Август	Теплый период	Год
	Бассейн р. Сырдарья		
5	0,90	0,88	0,90
10	0,91	0,89	0,91
25	0,95	0,98	0,96
50	1,02	1,00	1,07
75	1,10	1,08	1,20
90	1,16	1,13	1,29
95	1,18	1,15	1,32
	Бассейн р. Тобол		
5	0,71	0,79	0,79
10	0,74	0,82	0,81
25	0,86	0,91	0,90
50	1,15	1,12	1,10
75	1,76	1,43	1,41
90	2,58	1,73	1,70
95	3,06	1,86	1,83
	Бассейн р. Ишим		
5	0,74	0,77	0,77
10	0,77	0,79	0,80
25	0,89	0,89	0,90
50	1,17	1,11	1,12
75	1,73	1,65	1,50
90	2,42	1,85	1,88
95	2,80	2,01	2,05

Как ранее нами подчеркивалось, получить территориально устойчивые решения по условиям водообеспеченности (для планирования и управления водохозяйственными системами), по коротким рядам совместных наблюдений (за основными элементами водного баланса и гидрометеорологии) не представляется возможным. Поэтому в ряде случаев при водохозяйственных расчетах предполагается использовать квазихронологические последовательности основных составляющих: стока и водопотребления. Единственная сложность при решении этой задачи для рек Казахстана заключается в стохастическом характере связи характеристик водности года по стоку и по естественному увлажнению почв. Причинный характер этого факта состоит в том, что естественная увлажненность почвы определяется количеством и ходом осадков за вегетационный период, тогда как водность рек - в течение года в зоне формирования стока. Но, тем не менее, анализ

обеспеченности стока и оросительных норм поливного структурного гектара позволяет сделать вывод о наличии асинхронности режима стока и орошения для территории Казахстана. Так, на юге республики эффект асинхронности составляет в среднем 10-20 %, а в Центральном и Северном Казахстане в пределах 15-30 %.

Резюмируя вышеизложенное можно констатировать, что, используя эффект асинхронности, необходимо корректировать существующие графики водопотребления, а также прогнозировать потребность в воде и имеющиеся резервы водных ресурсов для любой расчётной обеспеченности, следовательно, оперативно управлять водными ресурсами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Волчек Н.П. Выявление резервов воды для обводнения пастбищ // Обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение. - 1988. - № 7. - С. 2-10.
2. Воропаев Г.В., Местечкин В.Б. Физико-географические основы формирования водохозяйственных балансов. - М.: Наука, 1981. - 135 с.
3. Гольченко М.Г., Стельмах Е.А. Исследование вопросов согласования режимов орошения с режимом водоисточника в условиях Белоруссии // Водное хозяйство Белоруссии. - 1976. - № 7. - С. 16-19.
4. Дрозд В.В. Анализ однородности гидрологических рядов (Методические рекомендации). - Минск: ЦНИИКИВР, 1985. - 40 с.
5. Кулагина Г.Д., Пеньковская А.М., Плужников В.Н. Учет взаимосвязи и потребления воды в водохозяйственных балансах // Вопросы гидравлики и инженерной гидрологии. - М.: ВНИИГиМ, 1983. - 101-108.
6. Сомов Н.В. Асинхронность и цикличность колебаний стока рек СССР // Тр. ЦИП. - 1963. - Вып. 113. - С. 180-214.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата.

ӨЗЕНДЕРДІҢ ҚАЛДЫҚ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ АҒЫСЫН ТАЛДАП ЖАСЫРЫЛҒАН СУ ҚОРЫНЫҢ ЕСЕБІ ТУРАЛЫ

Геогр. ғ. канд. М.Ж. Бүрлібаев

Суғаруға арналған судың қайтарылмауы барлық жерлерде өзеннің экологиялық жүйесінің жалпылай деградациясына келтіреді, оған су ағызу желісінің суғару қабілетін айқындайтын, өзеннің экологиялық жүйесін тұрақтануымен және сақталуын қамтамасыздандыруды есепке ала отырып, ғылыми дәлелді жолдарын таппаған қазіргі кездегі су шаруашылығын жоспарлауы және су қорын пайдалануы себеп болды. Өзендердің қалдық экологиялық ағысының көлемін сақтау үшін суғару және су көзінің режимдерін келістіріп жасырылған су қорын табу сұрақтары қарастырылған.