

ЗАКОНОМЕРНОСТИ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СТОКА РЕК СРЕДНЕЙ АЗИИ

Из всех аспектов трансформации речного стока в пределах зоны потребления в данной статье рассматриваются антропогенные изменения его во времени и по территории.

В связи с задачей исследования в качестве основного метода оценки антропогенных изменений стока принят метод, основанный на анализе стоковых рядов в створах, замыкающих территорию, на которой осуществляются водные мелиорации [1].

Суммарный эффект воздействия антропогенных факторов на сток оценивается этим методом либо за конкретный сезон (год), с последующим осреднением за расчетный период (табл. 1), по разности между восстановленными и наблюдаемыми значениями стока

$$\Delta y = y_{\text{восст}} - y_{\text{факт}} \quad (1)$$

либо в среднем между двумя расчетными уровнями (табл. 2) по выражению

$$\Delta y = y_{01} - y_{02} \quad (2)$$

В выражениях (1)-(2) Δy - антропогенные изменения стока за расчетный период в $\text{м}^3/\text{с}$ или в процентах относительно стока в исследуемом створе на исходном уровне; y_{01} и y_{02} - сток в исследуемом створе на двух уровнях водохозяйственного строительства, полученный по связи с притоком из зоны формирования $y_0 = f(y_n)$; $y_{\text{восст}}$ - сток, восстановленный по уравнению $y_0 = f(y_n)$ для "условно-естественного" периода; $y_{\text{факт}}$ - сток, фактически зарегистрированный в исследуемом створе, y_n - приток из зоны формирования.

Выбор "условно-естественного" периода основан на анализе хозяйственной деятельности в бассейне реки [1].

**Средние за расчетный период
антропогенные изменения стока рек Сырдарьи и Амударьи
в % относительно принятого исходного уровня**

Река, створ	Δу в среднем за период					
	I		II		III	
	У-Х	XI-IV	У-Х	XI-IV	У-Х	XI-IV
Сырдарья:						
кишл. Каль	-11	-4	-24	-14	-43	-23
г. Бекабад	-8	9	-25	6	-36	13
кишл. Кокбулак	-13	12	-40	7	-55	-22
ж.-д. ст. Тюменьарык	-16	-	-43	-	-51	-
г. Казалинск	-9	-	-50	-	-83	-
Амударья:						
г. Керки выше водоза- бора в Каракумский и Каршинский каналы	0	0	-2	1	-1	0
г. Керки	-8	-11	-17	-26	-17	-28
кишл. Саманбай	-13	-25	-41	-70	-54	-74

Примечания: 1. I, II, III - этапы водохозяйственного строительства, отличающиеся по степени антропогенной нагрузки на речной сток: соответствуют: в бассейне Сырдарьи 1939/40-1957/58, 1958/59-1974/75 и 1970/71-1981/82 годы; в бассейне Амударьи 1955/56-1966/67, 1967/68-1976/77 и 1970/71-1979/80 годы. 2. Прочерки означают отсутствие данных.

Коренные изменения в водохозяйственном строительстве произошли в бассейне Сырдарьи на грани 30-х и 40-х годов XX века, а в бассейне Амударьи - в середине 50-х. В связи с этим конец "условно -естественного" периода в первом бассейне приурочен к 1939 году, во втором - к 1955 году, а начало совпадает с установлением регулярных гидрометрических работ в бассейнах рек.

Последующий период интенсивного водохозяйственного строительства разбит на этапы (табл. 2), отличающиеся по степени антропогенной нагрузки на речной сток, индексом которой служит коэффициент изъятия стока [1] (табл. 3).

Таблица 2

Антропогенные изменения речного стока на разных уровнях водохозяйственного строительства и в годы различной водности (по притоку из зоны формирования). %

Река, створ	Этапы водохозяйственного строительства	Δу при обеспеченности притока с гор, %					
		май - октябрь			ноябрь-апрель		
		10	50	95	10	50	95
Сырдарья: кишл. Каль	I	-2	-13	-30	2	-5	-21
	II	-12	-25	-52	-10	-17	-31
	III	-29	-37	-51	-26	-25	-24
г. Бекабад	I	-7	-8	-11	11	9	7
	II	-22	-27	-42	7	6	5
	III	-28	-24	-12	6	-12	-31
кишл. Кокбулак	I	-10	-13	-26	10	12	14
	II	-32	-40	-73	15	8	-1
	III	-46	-50	-66	18	-10	-16
ж.-д. ст. Тюменьарык	I	-8	-16	-40	-	-	-
	II	-32	-43	-72	0	-3	-16
	III	-42	-46	-78	-44	-60	-100
г. Казалинск	I	6	-9	-36	-	-	-
	II	-29	-52	-94	-3	-4	-4
	III	-56	-72	-100	-	-	-
Амударья: Керки (выше водозабора в Каракумский и Каршинский каналы)	I	-3	-1	5	-2	0	2
	II	-6	-4	2	-7	1	4
	III	-4	-2	4	-2	0	4
г. Керки	I	-8	-8	-8	2	-11	-22
	II	-16	-17	-19	-23	-26	-29
	III	-16	-16	-17	-30	-28	-27
теснина Тюмююн	II	-18	-19	-22	-	-	-
	III	-25	-26	-29	-	-	-
кишл. Саманбай	I	-8	-11	-26	-15	-25	-34
	II	-22	-32	-67	-	-	-
	III	-30	-40	-76	-	-	-

Примечания: 1. I, II, III - то же, что в табл. 1.
2. Прочерки означают отсутствие данных.

Анализ антропогенных изменений стока рек бассейна Аральского моря позволил установить некоторые общие для региона закономерности и особенности проявления этого процесса в разных природно-хозяйственных зонах.

В пределах всего региона убыль стока во времени и по длине потока определяется соотношением затрат стока на территории ирригационных районов и влияния факторов, компенсирующих эти затраты. Соотношение это меняется во времени и по территории, и в связи с этим можно выделить несколько стадий изменения стока, различающихся по степени влияния на него антропогенных нагрузок.

Таблица 3

Коэффициенты изъятия стока в бассейнах Сырдарьи и Амударьи в среднем за расчетные периоды

Река, створ	Коэффициент изъятия стока за период					
	I *		II		III	
	Y-X	XI-IV	Y-X	XI-IV	Y-X	XI-IV
Сырдарья:						
до створа кишл.						
Каль	0.40	0.43	0.62	0.76	0.80	1.06
г. Бекабад	0.49	0.49	0.70	0.73	0.86	0.95
кишл. Кокбулак	0.62	0.46	0.91	0.75	1.14	1.05
ж.-д. ст. Тюменьарык	0.64	0.46	0.98	0.76	1.27	1.08
г. Казалинск	0.72	0.52	1.10	0.81	1.42	1.14
Амударья:						
до створа г. Керки						
выше водозабора в Каракумский и Каршинский каналы	0.18	0.16	0.21	0.18	0.23	0.18
г. Керки	0.21	0.30	0.35	0.44	0.41	0.48
кишл. Саманбай	0.42	0.54	0.68	0.87	0.82	0.99

Примечание. * - сведения о коэффициентах изъятия стока с 1950 года.

Первая, начальная стадия (I), характеризуется тем, что увеличение затрат стока, связанное с расширением орошаемых площадей, компенсируется снижением непроизводительных потерь стока на испарение. В результате сток реки в створе, замыкающем зону его потребления, практически не меняется, хотя и наблюдается тенденция к снижению стока в многоводные годы и увеличению его в маловодные (табл. 1, Амударья - г. Керки выше водозабора в Каракумский и Каршинский каналы).

В стадии (II) антропогенные нагрузки на речной сток увеличиваются, но влияние компенсационных факторов все еще велико. На этом этапе годовой сток в створах, замыкающих области его использования, практически не меняется, однако, наблюдается существенное его перераспределение во времени и по длине потока: сток, забранный из реки в вегетацию, возвращается ниже по течению в невегетационный период (табл. 1-2, Сырдарья - г. Бекабад, первый этап водохозяйственного строительства). На этой стадии убыль стока в нижнем течении реки меньше (табл. 1), чем в верхнем, по той причине, что увеличение водозабора на вышележащих участках реки компенсируется уменьшением естественных потерь с площадей разливов в поймах нижнего течения.

В стадии (III) антропогенные нагрузки на сток возрастают еще более существенно. Компенсационные возможности бассейна в этот период уже в значительной мере исчерпаны, и затраты стока превышают поступление возвратных вод в русла рек. В результате наблюдается уменьшение как вегетационного, так и невегетационного стока в створах, замыкающих область его использования (табл. 1-2). Вместе с тем перераспределение стока во времени и по длине имеет место и на этом этапе.

Продолжительность каждого из перечисленных этапов определяется интенсивностью нарастания антропогенных нагрузок и компенсационными возможностями бассейна или части его.

Развитие орошения в верхних частях бассейнов рек, где компенсационные возможности, как правило, велики, долгое время может происходить без уменьшения стока в замыкающем створе [1, 2].

Увеличение изъятия стока в среднем течении реки, связанное

с перебросками стока на большие расстояния от реки, а также с затратами на заполнение емкости почвогрунтов в условиях плохой естественной дренированности приводит к существенной убыли стока в замыкающем створе уже в самом начале освоения территории [1, 2].

И, наконец, увеличение затрат стока на расширение орошаемых площадей в нижнем течении рек также некоторое время может компенсироваться уменьшением естественных потерь в пойме.

При современных антропогенных нагрузках на речной сток (табл. 3) первая стадия взаимодействия затрат и компенсационных факторов стока наблюдается лишь в верхней части бассейна Амударьи, замыкаемой створом г. Керки выше водозабора в Каршинский и Каракумский каналы.

Вместе с тем, отдельные части этой территории, где антропогенные нагрузки велики (бассейны Сурхандарьи, Шерабаддарьи и частично Кафирнигана), находятся уже в третьей стадии.

Большая часть бассейна Аральского моря и, особенно бассейна Сырдарьи, находится в третьей стадии антропогенного воздействия на речной сток, когда компенсационные возможности бассейна практически исчерпаны и рост водопотребления сопровождается уменьшением речного стока во времени и по длине потока.

Эта общая для региона закономерность выражается уравнениями регрессии, которые в наблюдаемом интервале коэффициентов изъятия стока линейны, т.е. $\Delta y = -A + B$, где Δy - убыль стока, в процентах относительно принятого исходного уровня, A - параметр, определяющий интенсивность прироста убыли стока в разных природных зонах, а B - первоначальный уровень искажения стока, то есть его антропогенные изменения в "условно-естественном" периоде по сравнению с естественным.

Параметр B возрастает по длине потока по мере увеличения степени изъятия стока. Поскольку антропогенные нагрузки на принятом условном уровне в бассейне Сырдарьи были выше, чем в бассейне Амударьи (табл. 3), то и величина первоначального искажения стока B в первом бассейне больше, чем во втором (табл. 4).

Коэффициент A количественно выражает выявленную ранее закономерность: в процессе водных мелиораций одновременно с

убылью стока происходит перераспределение его во времени и по длине потока. За счет этого интенсивность убыли стока уменьшается по длине потока и в невегетационный период (при равных A) по сравнению с вегетационными.

В силу меньшего влияния компенсирующих факторов (прежде всего стока возвратных вод в русло реки) сток Амударьи уменьшается по мере изъятия стока более интенсивно, чем в бассейне Сырдарьи (табл. 4).

Таблица 4

Параметры уравнений регрессии $\Delta y = f(A)$

Река, створ	май - октябрь			ноябрь - апрель		
	A	B	r	A	B	r
Сырдарья:						
кишл. Каль	- 96	31,7	-0,98	- 32	5,2	-0,81
г. Бекабад	- 99	41,8	-0,92	- 85	54,0	-0,85
кишл. Кокбулак	- 80	34,8	-0,97	- 96	70,2	-0,92
г. Казалинск	-108	68,2	-0,89	-108	55,0	-0,83
Амударья:						
г. Керки	- 78	11,1	-0,94	-109	29,5	-0,89
тесн. Тюямюн	- 91	16,2	-0,94	- 70	18,1	-0,83
кишл. Саманбай	-118	38,6	-0,96	-158	76,6	-0,98
Примечание. r - коэффициент корреляции в уравнении $\Delta y = -A + B$						

Список литературы

1. Рубинова Ф. Э. Изменение стока р. Сырдарьи под влиянием водохозяйственного строительства в ее бассейне //Тр. САРНИГМИ. -1979. -Вып. 58(139). -136 с.
2. Рубинова Ф. Э. Влияние водных мелиораций на сток и гидрохимический режим рек бассейна Аральского моря //Тр. САНИИ. -1987. -Вып. 124(205). -160 с.