

$\Sigma u = f(Q)$ . В современных условиях назрела необходимость постановки таких наблюдений на реках, сток которых интенсивно используется в хозяйстве.

### Список литературы

1. А л е к и н О . А . , Б р а ж н и к о в а Л . В . Методы расчета ионного стока// Гидрохимические материалы. - 1963. - Т. 35. - С. 135-148.
2. Г о р е л к и н Н . Е . , Н у р б а е в Д . Д . , Я д - р и к о в а Л . П . Электропроводность водных масс водоемов бассейна р. Сырдарья// Тр. САРНИГМИ. - 1979. - Вып. 61 (142). - С. 46-54.
3. П а в е л к о В . Л . , Т а р а с о в М . Н . , П а - в е л к о И . М . Оценка точности результатов гидрохимических наблюдений// Гидрохимические материалы. - 1977. - Т. 65. - с. 79-88.
4. Ц и р к у н о в В . В . Расчет ионного стока рек при помощи ЭВМ и оценка его точности// Вопросы гидрологии суши. Доклады конф. молодых ученых и специалистов. - Л.: Гидрометеиздат. - 1985. - С. 151-154.

Ф.Э.РУБИНОВА, А.Г.ШУЛЬЦ

### ЗАТРАТЫ СТОКА НА ИСПАРЕНИЕ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ В БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

В условиях острого дефицита водных ресурсов для эффективного их использования необходимо знать сложившуюся в бассейне структуру затрат речного стока.

Одним из видов ежегодно возобновляемых антропогенных потерь стока является испарение с водной поверхности водохранилищ. Рост орошаемых площадей и повышение их водообеспеченности сопровождается интенсификацией использования водных ресурсов, которая на определенном этапе уже невозможна без регулирования стока в водохранилищах.

К началу 60-х годов площадь водной поверхности водохранилищ при наполнении их /1/ до НПУ (нормальный подпорный уровень) в бассейнах Сырдарья и Амударья составляла соответственно 0,52 и 0,30 тыс. км<sup>2</sup>; к началу 70-х годов она возросла соответственно до 1,51 и



0,46 тыс. км<sup>2</sup>. В современных условиях (1985 г.) площадь водной поверхности водохранилищ в регионе при наполнении до НПУ составляет 3,30 тыс. км<sup>2</sup> (в том числе 1,84 тыс. км<sup>2</sup> в бассейне Сырдарьи и 1,46 тыс. км<sup>2</sup> - в бассейне Амударьи).

Средняя за год площадь водной поверхности водохранилищ существенно ниже (табл. 1). Однако и она возросла с 0,39 тыс. км<sup>2</sup> в начале 60-х годов до 1,80 тыс. км<sup>2</sup> в 1981 - 1985 гг.

По высотным зонам испаряющая поверхность водохранилищ в этот период расположена следующим образом: 10,5% - выше отметки 1000 м, 31,6% - от 500 до 1000 м и 57,9% - ниже 500 м над ур.м.

С ростом водной поверхности водохранилищ увеличиваются и затраты стока на испарение (табл. 2). Затраты речного стока на испарение с водной поверхности водохранилищ (так называемое "видимое" испарение) равны разности между испарением ( $E$ ) и атмосферными осадками, выпадающими на площадь зеркала ( $x$ ). Для расчета использована стандартная средняя месячная информация об элементах водного баланса водохранилищ, публикуемая среднеазиатскими управлениями по гидрометеорологии.

Затраты стока на испарение с поверхности Тудакульского и Талимарджанского водохранилищ приняты по данным институтов Узгипроводхоз и Средазгипроводхлопок.

Испарение с водной поверхности Кжносурханского, Учкызылского, Пачкамарского, Андижанского и Джизакского водохранилищ можно оценить ориентировочно по средним многолетним данным по карте испарения /2/ и слою атмосферных осадков по ближайшему пункту наблюдений с учетом средней за расчетный период площади зеркала водной поверхности водохранилища. Последняя получена как среднее арифметическое из ее средних месячных значений, снятых с кривых зависимости площади от уровня воды в водохранилище.

Затраты на испарение, оцененные таким образом, несколько завышены, так как максимальные значения испарения и площади зеркала водохранилища не совпадают во времени. Однако это не должно существенно отразиться на достоверности оценки затрат стока на испарение с водной поверхности водохранилищ в целом по региону, так как суммарная площадь водной поверхности перечисленных водохранилищ (1981 - 1985 гг.) составляет лишь 4% площади зеркала всех водохранилищ региона.

Затраты стока на испарение с водной поверхности водохранилищ в бассейне Сырдарьи возросли с 0,48 км<sup>3</sup>/год в 1961 - 1965 гг. до 0,83 км<sup>3</sup>/год в 1981 - 1985 гг. (табл. 2). В бассейне Амударьи за тот же период потери на испарение увеличились с 0,04 до 0,69 км<sup>3</sup>/год.



Таблица I

Средняя годовая площадь водного зеркала водохранилищ, км<sup>2</sup>

Водохранилище	Отмет- ка НПУ, м	Период, годы				
		1961 - 1965	1966 - 1970	1971 - 1975	1976 - 1980	1981 - 1985
Бассейн р. Сырдарья						
Кайраккумское	347	335	403	344	328	375
Чардаринское	252	-	641	515	465	489
Токтогульское	905				134	192
Андижанское	808				9,5	29,4
Уртатокайское	1128	-	3,36	2,30	2,45	1,97
Чарвакское	890			12,7	24,0	22,1
Ахангаранское	1067				1,88	2,35
Тябугузское	394	(10)	10,3	10,1	12,6	12,3
Джизакское	371			(5,4)	6,5	4,9
Всего в бассейне		345	1058	890	984	1129
Бассейн р. Амударья						
Тьямукинское	116					257
Тудакульское	222			133	(136)	140
Талимарджанское	400				30,8	47,4
Каттакурганское	511	42,4	48,7	47,5	55,5	56,8
Кукмазарское	238		14,3	13,9	14,5	14,5
Чимкурганское	488		22,0	21,2	25,2	24,1
Нурекское	910			(36)	68,8	84,4
Пачкамарское	676		(3,0)	3,7	3,2	3,6
Учкызылское	322	(5,8)	(5,8)	(5,8)	(5,8)	5,78
Кжносурханское	416		(40,8)	37,6	39,4	34,0
Всего в бассейне		48,2	135	299	379	668
Всего в регионе		393	1193	1189	1363	1797



Затраты стока (сумма за год) на испарение с водной  
поверхности водохранилищ, млн. м<sup>3</sup>

Водохранилище	Источник питания	"Видимое" испарение (млн.м <sup>3</sup> ) в среднем за период				
		1961 - 1965	1966 - 1970	1971 - 1975	1976 - 1980	1981 - 1985
Бассейн р. Сырдарья						
Кайраккумское	Сырдарья	453	437	335	300	344
Чардаринское	"	21	606	389	327	327
Токтогульское	Нарын				73,7	106
Андижанское	Карадарья				8,1	25,0
Уртатокайское	Кассансай	(0,83)	(-0,13)	(0,09)	(0,80)	(1,15)
Чарвакское	Чирчик			(13,0)	(20,2)	15,9
Ахангаранское	Ахангаран				1,58	1,97
Тябугузское	"	(7,0)	7,39	9,65	8,24	7,64
Джизакское	Санзар			4,48	5,40	4,07
Всего по бассейну		482	1050	751	745	833
Бассейн р. Амударья						
Тьямухское	Амударья					(314)
Тудакульское	Амударья, Зеравшан			172	175	181
Талимарджанское	Амударья				51,3	71,1
Нурекское	Вахш			(12,8)	(24,4)	30,0
Каттакурганское	Зеравшан	(23,4)	30,6	24,6	(13,4)	18,6
Кулмазарское	"	(14,9)	14,5	13,9	(14,2)	15,1
Чимкурганское	Кашкадарья		(14,7)	20,8	(16,9)	(16,1)
Пачкамарское	Гузардарья		1,89	2,33	2,02	2,27
Учкызылское	Сурхандарья	(6,8)	(6,8)	(6,8)	(6,8)	(6,8)
Кжносурханское	"		(39,6)	36,5	38,2	33,0
Всего по бассейну		45,1	108	290	342	688
Всего в регионе		527	1158	1041	1087	1521



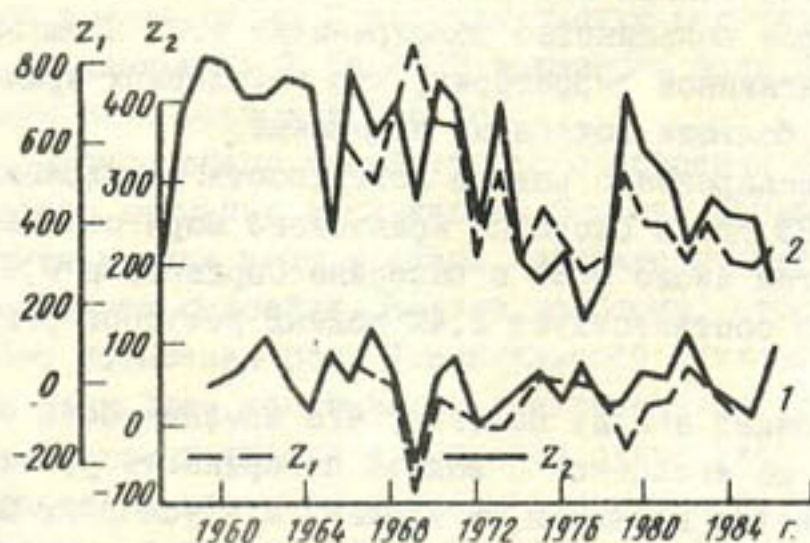
в целом же по региону – с 0,53 до 1,52 км<sup>3</sup>/год. Во второй половине 60-х годов этот вид потерь стока в регионе удвоился, а в начале 80-х годов утроился относительно начала 60-х и составил 2,6% суммарных затрат стока в бассейне Сырдарьи и 1,1% в бассейне Амударьи.

Львиная доля потерь стока на испарение с водной поверхности водохранилищ приходится на равнинную территорию: 679 млн.м<sup>3</sup> в бассейне Сырдарьи и 658 млн.м<sup>3</sup> – в бассейне Амударьи.

Только с поверхности Кайраккумского, Чардаринского, Тьямуянского и Тудакульского водохранилищ ежегодно (1981 – 1985 гг.) теряется в среднем 1,26 км<sup>3</sup> воды, что составляет 70% потерь на испарение всеми водохранилищами.

С поверхности предгорных водохранилищ (отметка НПУ выше 500 м) за год в среднем испаряется 180 млн.м<sup>3</sup> воды, или 11,9% потерь на испарение всеми водохранилищами, или 0,2% водных ресурсов региона в год средней водности.

В зависимости от степени наполнения и сработки водохранилища, эксплуатационных особенностей отдельных лет, а также метеорологических условий (атмосферные осадки на площадь зеркала, температура воздуха и солнечная радиация) потери стока на испарение с водной поверхности водохранилищ могут колебаться в значительных пределах (рисунок).



Хронологический ход сезонных колебаний испарения (за вычетом атмосферных осадков) с водной поверхности Кайраккумского ( $Z_2$ ) и Чардаринского ( $Z_1$ ) водохранилищ:

1 – ноябрь–апрель, 2 – май–октябрь

Анализ временной изменчивости затрат стока на испарение, выполненный для Кайраккумского водохранилища, показал, что коэффициент вариации испарения  $C_{\sigma}$  за период май – октябрь равен 0,30, а за ноябрь – апрель – 0,48.



Среди большого числа факторов, обуславливающих изменения от года к году потерь стока на испарение, основными являются запасы влаги (площадь водного зеркала) и энергетические ресурсы (приток солнечной радиации и адвекция тепла). В связи с этим временная изменчивость потерь стока на испарение с поверхности водохранилищ анализировалась как функция двух переменных – площади водного зеркала  $F$  и температуры воздуха  $t$  по ближайшей к водохранилищу метеостанция. Последний аргумент принят в качестве индекса изменчивости энергетических ресурсов. В качестве объекта исследования принято Кайрак-кумское водохранилище с периодом наблюдений 28 лет. Регрессионный анализ показал, что доля вклада второго аргумента ничтожно мала (0,03) по сравнению с первым (0,97). Следовательно, затраты стока на испарение с водной поверхности водохранилища определяются главным образом площадью водного зеркала. Уравнение, связывающее затраты стока на испарение с водной поверхности водохранилища с площадью его зеркала имеет вид:  $x = 0,89 F + 37,0$ , где  $x$  – испарение (млн.м<sup>3</sup>),  $F$  – площадь зеркала (км<sup>2</sup>) в среднем за период май – октябрь.

#### Выводы

1. В последние 10 – 15 лет в бассейне Аральского моря резко увеличилась площадь водной поверхности водохранилищ.
2. Подавляющее большинство водохранилищ (90% площади зеркала) расположены на равнинной территории, что в условиях аридного климата обуславливает большие потери на испарение.
3. Видимое испарение с водной поверхности водохранилищ в среднем за 1981 – 1985 гг. в бассейне Аральского моря составило 1,52 км<sup>3</sup>/год (в том числе 0,83 в бассейне Сырдарьи и 0,69 в бассейне Амударьи), что соответствует 1,4% водных ресурсов региона в год средней водности.
4. Регрессионный анализ показал, что изменчивость вегетационных затрат стока на испарение с водной поверхности равнинных водохранилищ определяется площадью их зеркала и в условиях Средней Азии практически не зависит от средней за вегетацию температуры воздуха.

#### Список литературы

1. Н и к и т и н А . М . Водные ресурсы и водный баланс озер и водохранилищ Средней Азии//Тр. САНИИ Госкомгидромета СССР. – Вып.108(189). – 1986. – 95 с.
2. Н и к и т и н А . М . Озера Средней Азии, Л.: Гидрометеоздат. – 1987. – 105 с.