

УДК 556.555.3(282.255.51)

**БОКОВОЙ ПРИТОК РЕЧНЫХ ВОД В КАПШАГАЙСКОЕ
ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

Канд. геогр. наук	И. И. Скоцеляс
Канд. техн. наук	В. И. Ли
Канд. геогр. наук	В. П. Попова
	С. А. Ерисковский

Получены 56-летние ряды годового стока в устьях рек, впадающих в Капшагайское водохранилище, и суммарного бокового притока речных вод в водоем. Проведен анализ изменения этого притока за указанный период. Предложены аналитические выражения зависимостей, пригодных для определения притока по данным о стоке рек у выхода из гор и водозаборах на хозяйственные нужды.

Капшагайское водохранилище является крупным искусственным водоемом Республики Казахстан, расположено в ее юго-восточной части, существует с 1970 года. Основные проектные характеристики этого водоема следующие: площадь зеркала 1847 км², полный объем 28 км³, протяженность 187 км. Площадь водосбора 113 тыс. км².

Водоохранилище используется для многолетнего регулирования стока р. Или с целью выработки гидроэлектроэнергии Капшагайской ГЭС, полива сельскохозяйственных земель на Шенгельдинском орошаемом массиве, осуществления рыболовства и судоходства. Побережье и акватория водохранилища являются также зоной летнего отдыха населения. Попуски воды из него в нижний бьеф оказывают значительное влияние на водный режим дельты р. Или и изменение уровня воды оз. Балхаш.

Кроме р. Или, из которой поступает основная часть речных вод, в Капшагайское водохранилище впадают: слева - реки Шилик (Чилик), Каскелен, Мал. Алматинка, Кутентай, Саз-Талгар, Есик (Иссык), Курозек, Карасу, Лавар, Теренкара, Актоган и ручей Шадай, справа - ручей Шенгельды (рис. 1). Суммарный сток в устьях этих левобережных и правобережных водотоков, а также сбросы по двум каналам из прудового хозяй-

ства, расположенного в междуречье Карасу и Лавар, составляют боковой приток речных вод в водохранилище.

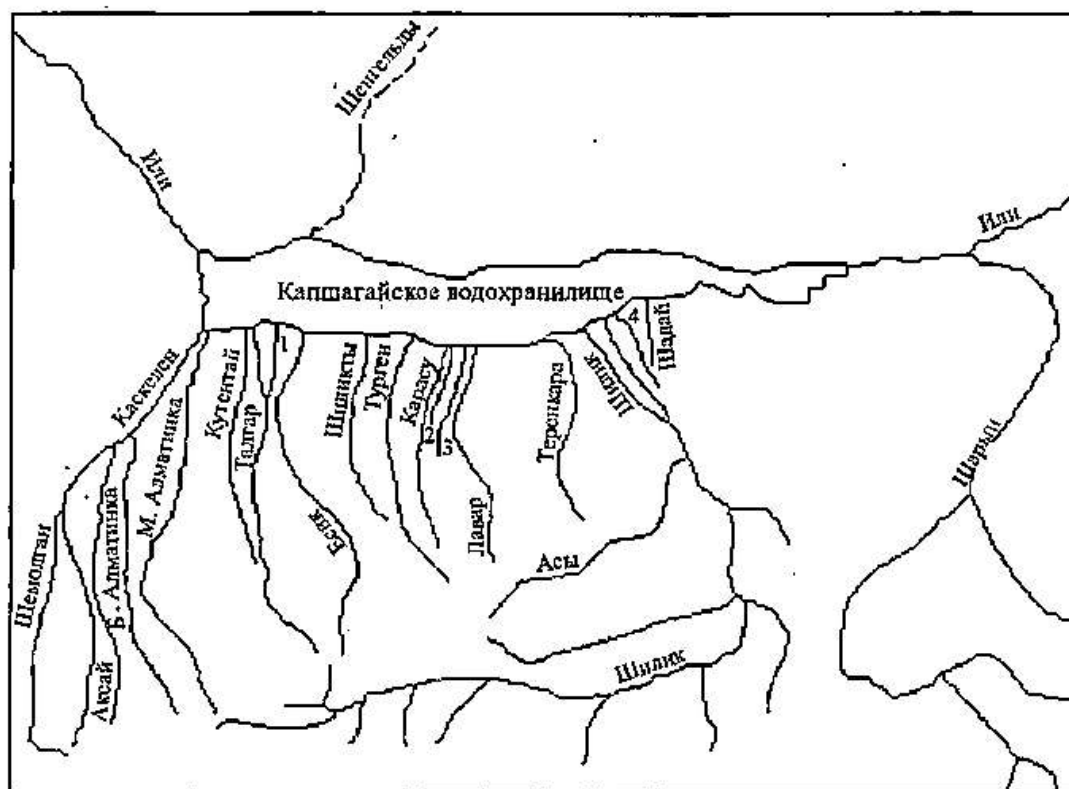


Рис.1 Схема расположения притоков Капшагайского водохранилища. 1 - р. Курозек; 2 и 3 - сбросные каналы из прудхоза; 4 - р. Актоган.

На устьевых участках боковых притоков наиболее продолжительные наблюдения за стоком производились в основном Казгидрометом - на реках Каскелен, Шилик и ручье Шенгельды. На р. Каскелен эти наблюдения осуществлялись в 1930-1950 гг. (раб. пос. Или), 1965-1966, 1974 гг. (3,9 км от устья), 1970-1972 гг. (пос. Заречный), 1976-1984, 1986-1987 гг. (13 км от устья), на р. Шилик - в 1965 -1966, 1970, 1975-1993 гг. (12 км от устья), на руч. Шенгельды - в 1960 - 1993 гг. (с. Шенгельды - 7 км от устья). Однако, сведения о стоке даже этих водотоков за перечисленные годы не всегда были полными из-за отсутствия данных наблюдений в некоторые, чаще всего зимние месяцы.

Особенностью данных о стоке в устье р. Каскелен является также их неоднородность. Наиболее значительно отличаются друг от друга ряды наблюдений, полученные до и после 1970 года. Это подтверждается, в частности, критерием Вилькоксона [4] при 1%-ном уровне значимости и объясняется тем, что в течение первого из упомянутых периодов р. Мал.

Алматинка впадала в р. Каскелен и сток обеих рек суммарно учитывался существовавшими постами, а позже, наравне с р. Каскелен, стала самостоятельным притоком Капшагайского водохранилища и ее сток учитывался отдельно. Кстати, данные по стоку в устье р. Мал. Алматинка имеются только за 1971, 1972, 1986 и 1987 годы.

Неоднородность данных о стоке р. Каскелен в определенной мере может быть обусловлена и некоторым различием в дренировании подземных вод на гидрологических постах, существовавших в устье в разное время. Выклинивание подземных вод, как известно, связано с глубиной вреза русла реки, в свою очередь при прочих равных условиях зависящей от площади водосбора. Последняя же для устьевых постов на р. Каскелен составляла от 2640 до 3800 км², т. е. изменялась в 1,4 раза.

Боковой приток речных вод в Капшагайское водохранилище полностью учитывался только в 1986 и 1987 годах. При этом, кроме наблюдений, проводившихся Казгидрометом на реках Каскелен, Шилик и руч. Шенгельды, Казгипроводхозом дополнительно были произведены измерения стока в устьях всех остальных водотоков, достигающих Капшагайского водохранилища (рис. 1).

Таким образом, имеющиеся фактические данные о боковом притоке речных вод в Капшагайское водохранилище, как правило, недостаточно полные, а с конца 80-х годов прошедшего столетия наблюдения за стоком в устьях рек вообще не производятся. В то же время при решении некоторых гидрологических и водохозяйственных задач, например при расчетах водного баланса и эксплуатации водохранилища, во избежание систематических погрешностей учет бокового притока речных вод является крайне необходимым. Поэтому при отсутствии или недостаточности фактических данных возникает потребность в разработке и использовании также расчетных методов.

Исследования авторов данной работы показали, что в случае отсутствия фактических данных по р. Шилик годовой сток в ее устье можно определить с помощью следующего выражения:

$$Q_{ш,у} = Q_{ш,м} - 0,86 \cdot Q_{вз} - 8,29, \quad (1)$$

где $Q_{ш,у}$ - средний годовой расход воды в устье р. Шилик, м³/с; $Q_{ш,м}$ - средний годовой расход воды р. Шилик у с. Малыбай, м³/с; $Q_{вз}$ - суммарный водозабор в бассейне р. Шилик, м³/с.

Теснота связи, описанной выражением (1), характеризуется коэффициентом множественной корреляции $R = 0,80$.

Для расчета среднего годового расхода воды в устье р. Каскелен авторами получено два выражения:

$$Q_{K,U} = Q_{K,K} + 1,69(Q_{BA} + Q_{MA} + Q_A + Q_{Ш}) - 6,32; \quad (2)$$

$$Q_{K,U} = Q_{K,K} + 3,17Q_{BA} - 12,6, \quad (3)$$

где $Q_{K,U}$ - средний годовой расход воды р.Каскелен в устье, m^3/c ; $Q_{K,K}$ - то же р. Каскелен у г. Каскелен, m^3/c ; Q_{BA} - то же р. Бол. Алматинка у выхода из гор, m^3/c ; Q_{MA} - то же р. Мал. Алматинка у г. Алматы, m^3/c ; Q_A - то же р. Аксай у с. Аксай, m^3/c ; $Q_{Ш}$ - то же р. Шемолган у с. Шемолган, m^3/c .

Для этих выражений коэффициент множественной корреляции R соответственно равен 0,86 и 0,75. Первое из них можно использовать для расчета среднего годового расхода воды в устье р. Каскелен при отсутствии или пропусках данных наблюдений в период до создания Капшагайского водохранилища, второе - в аналогичных случаях, но в годы существования последнего (в связи с отделением р. Мал. Алматинка от р. Каскелен). При этом до 1952 г. средний годовой расход воды р. Бол. Алматинка у выхода из гор необходимо принимать таким же, как и на посту р. Бол. Алматинка - в 2 км ниже устья руч. Тересбутак, а в последующие годы - как суммарный расход р. Бол. Алматинка в 2 км выше устья р. Проходной (с учетом канала ГЭС) и в устьях р. Проходная и руч. Тересбутак.

Наличие сравнительно тесных корреляционных связей, описанных выражениями (2) и (3), объясняется относительно одинаковым уровнем хозяйственной деятельности в бассейнах рек Каскелен и Мал. Алматинка в те периоды, для которых они получены. Это подтверждается данными о водозаборах.

Для рек Мал. Алматинка и Есик в период существования Капшагайского водохранилища годовые расходы воды в устьях при отсутствии данных наблюдений можно определить с помощью следующих выражений:

$$Q_{MA,U} = 0,39Q_{K,U} + 2,46, \quad (4)$$

$$Q_{E,U} = 0,52 Q_{K,U} - 1,08, \quad (5)$$

где $Q_{MA,U}$ - средний годовой расход воды р. Мал. Алматинка в устье, m^3/c ; $Q_{K,U}$ - то же р. Каскелен в устье, m^3/c ; $Q_{E,U}$ - то же р. Есик в устье, m^3/c .

Корреляционные связи, описанные выражениями (4) и (5), установлены на основе использования данных наблюдений и результатов моделирования стока в устьях рек Мал. Алматинка и Есик, выполненного Ж. Д. Достаемым [3]. Влияние хозяйственной деятельности на сток в этих выражениях учтено косвенно, в годовом стоке в устье р. Каскелен. Коэффициенты корреляции соответственно равны 0,76 и 0,80.

Средний годовой расход воды в устье р. Есик до создания Капшагайского водохранилища можно определить с помощью выражения

$$Q_{Е, у} = 0,37 Q_{К, у} - 2,00, \quad (6)$$

где $Q_{К, у}$ - средний годовой расход воды в устье р. Каскелен, включающий расход в устье р. Мал. Алматинка, м³/с.

Выражение (6) получено в результате преобразования (5) и подстановки в него

$$Q_{МА, у} = 0,28 Q_{К, у} + 1,77, \quad (7)$$

что в свою очередь следует из (4) в связи с упоминавшейся выше разницей в расходах воды в устье р. Каскелен до и после создания Капшагайского водохранилища.

Выражения (1) - (6) использованы авторами для восстановления средних годовых расходов воды в устьях рек Шилик, Каскелен, Мал. Алматинка и Есик за годы с полным или частичным отсутствием данных наблюдений. Вклад же остальных левобережных притоков (Кутентай, Саз-Талгар, Курозек, Карасу, Лавар, Теренкара, Актоган, Шадай, сбросных каналов из прудхоза в Карасу-Лаварском междуречье) в поступление речных вод в Капшагайское водохранилище в таких случаях определен суммарно. Приблизительно, на основе осредненных данных наблюдений, производившихся Казгипроводхозом в 1986 и 1987 годах, его величина принята равной 21 % общего стока в устьях этих водотоков и рек Каскелен, Мал. Алматинка, Есик.

Данные о годовом стоке в устьях (Q_y) левобережных рек, впадающих в водохранилище, включая восстановленные значения, приведены в табл. 1. Там же помещены подсчитанные по ним величины суммарного бокового притока речных вод (Q_{bn}) к контуру Капшагайского водохранилища, в том числе и за сравнительно длительный период, предшествовавший созданию этого искусственного водоема.

По данным табл. 1, годовой приток из левобережных рек в среднем за 56-летний период (1942-1997 гг.) оказался равным 31,9 м³/с. Наи-

большая его величина достигала 61,6 (1942 г.), а наименьшая составляла 10,3 м³/с (1991 г.). В общем поступлении речных вод в водохранилище, включающем и основной сток из р. Или, это соответствовало 11,0 и 2,3 %.

Таблица 1

Средние годовые расходы воды в устьях рек и суммарный боковой приток в Капшагайское водохранилище, м³/с

Год	Река					Суммарный боковой приток
	Шилик	Каскелен	Малая Алматинка	Есик	Кутентай и др.	
1942	24,2	23,0		6,48	7,84	61,5
1943	14,4	13,8		3,20	4,52	35,9
1944	12,8	9,20		1,01	2,71	25,7
1945	18,1	11,1		2,78	3,69	35,7
1946	15,8	17,5		4,92	5,96	44,2
1947	16,8	19,7		6,23	6,88	49,6
1948	14,8	16,5		4,45	5,57	41,3
1949	18,7	17,4		5,15	5,99	47,2
1950	18,8	15,4		3,92	5,14	43,3
1951	18,1	10,6		3,05	3,63	35,4
1952	22,0	19,3		5,89	6,70	53,9
1953	19,8	14,8		4,09	5,02	43,7
1954	21,5	15,3		4,93	5,38	47,1
1955	18,5	16,3		4,75	5,60	45,2
1956	21,0	17,3		4,20	5,72	48,2
1957	6,87	13,5		3,67	4,56	28,6
1958	17,4	19,7		5,56	6,71	49,4
1959	19,9	19,9		4,63	6,52	51,0
1960	15,5	21,1		4,93	6,92	48,5
1961	6,53	16,7		3,87	5,47	32,6
1962	10,0	14,1		2,65	4,45	31,2
1963	13,9	19,2		5,73	6,63	45,5
1964	5,42	18,7		5,99	6,56	36,7
1965	7,72	12,6		2,99	4,14	27,5
1966	20,8	19,4		4,37	6,32	50,9
1967	6,89	17,5		4,66	5,89	34,9

Год	Река					Суммарный боковой приток
	Шилик	Каскелен	Малая Алматинка	Есик	Кутентай и др.	
1968	2,36	12,7		1,96	3,90	20,9
1969	9,50	17,6		2,58	5,36	35,0
1970	14,0	14,5	9,43	2,72	7,08	47,7
1971	9,46	6,58	5,34	1,44	3,55	26,4
1972	8,20	5,81	4,68	1,88	3,29	23,9
1973	10,0	9,86	4,30	1,38	4,13	29,7
1974	4,96	4,12	3,11	1,47	2,31	16,0
1975	5,47	5,00	3,49	1,84	2,75	18,6
1976	5,04	5,01	5,23	2,00	3,25	20,5
1977	6,34	5,12	5,17	1,42	3,11	21,2
1978	8,58	5,30	3,99	1,77	2,94	22,6
1979	8,17	7,37	4,13	1,73	3,52	24,9
1980	5,43	7,28	5,08	1,88	3,79	23,5
1981	6,21	9,30	5,66	2,67	4,69	28,5
1982	5,50	5,41	4,05	2,15	3,09	20,2
1983	3,57	4,74	4,16	1,38	2,73	16,6
1984	1,21	4,88	5,29	1,46	3,09	15,9
1985	1,06	6,66	5,64	2,38	3,90	19,6
1986	1,04	5,76	5,46	3,35	4,52	20,1
1987	1,33	12,0	7,73	6,58	6,24	33,9
1988	14,3	8,74	5,73	3,46	4,77	37,0
1989	3,03	5,30	4,39	1,68	3,02	17,4
1990	3,24	8,01	5,50	3,09	4,41	24,3
1991	2,55	2,48	3,76	0,21	1,71	10,7
1992	2,31	4,47	4,56	1,25	2,73	15,3
1993	1,90	11,3	7,32	4,81	6,24	31,6
1994	9,62	10,5	7,46	4,40	5,95	38,0
1995	3,00	2,61	4,39	0,28	1,94	12,2
1996	2,91	6,76	5,71	2,43	3,96	21,8
1997	7,63	0,19	2,47	0,00	0,71	11,0

Более наглядно изменение бокового притока за указанный период видно на рис. 2, а его составляющих - на рис. 3. Во-первых, колебания

стока на устьевых участках рек и бокового притока в целом характеризуются иногда относительно значительным для Q_y и $Q_{бп}$ размахом в смежные годы. Во-вторых, на фоне этих колебаний достаточно отчетливо прослеживается существенное уменьшение Q_y и $Q_{бп}$ в 70-90 годы прошлого столетия по сравнению с предшествующим периодом. В третьих, наибольшее влияние на вариацию бокового притока, в том числе и в последние десятилетия, оказывают изменения стока в устьях рек Шилик и Каскелен, включая р. Мал. Алматинку.

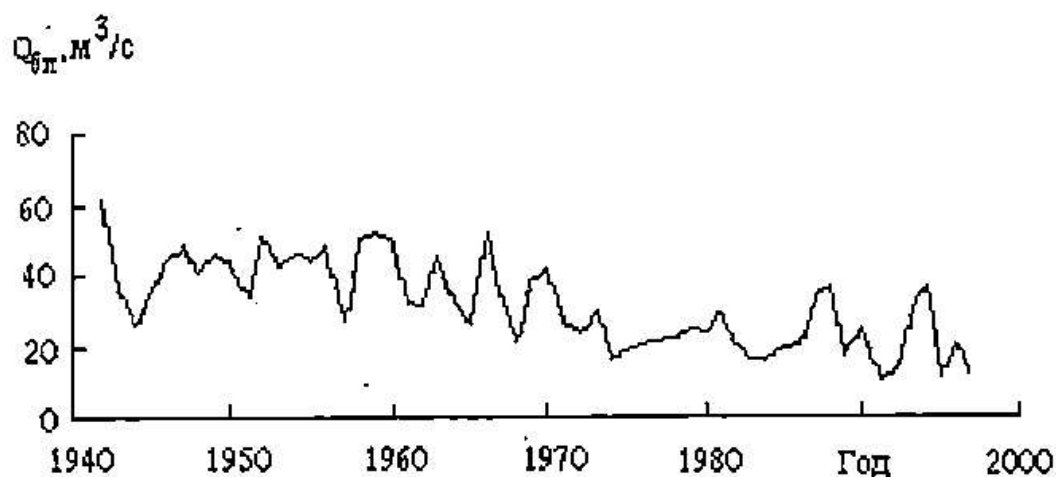


Рис. 2. Хронологический график изменения бокового притока в Катшагайское водохранилище из левобережных рек.

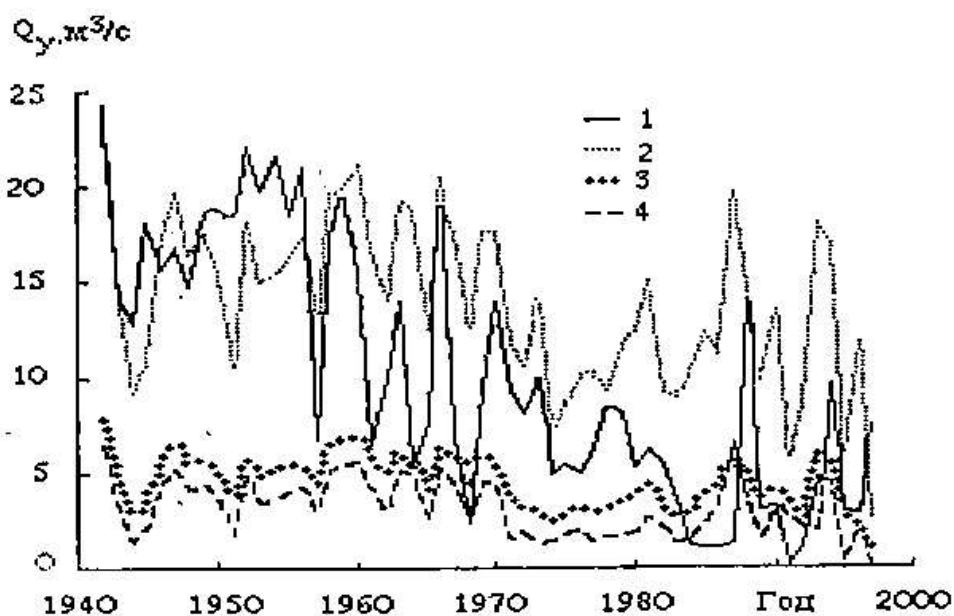


Рис. 3. Хронологический график изменения средних годовых расходов воды в устьях рек: 1 - р. Шилик; 2 - р. Каскелен вместе с р. Мал. Алматинка; 3 - р. Есик; 4 - остальные реки.

Разность бокового притока за периоды до и после существования Капшагайского водохранилища в среднем составила $18,1 \text{ м}^3/\text{с}$: за 1942-1969 гг. $Q_{\text{бп}} = 40,9 \text{ м}^3/\text{с}$, за 1970-1997 гг. $Q_{\text{бп}} = 22,8 \text{ м}^3/\text{с}$. Годовой сток в устьях рек в эти периоды был равен соответственно $14,9$ и $5,57 \text{ м}^3/\text{с}$ на р. Шилик, $16,4$ и $11,4 \text{ м}^3/\text{с}$ - на р. Каскелен, включая р. Мал. Алматинка, $4,08$ и $2,25 \text{ м}^3/\text{с}$ - на р. Есик. Кстати, значение $Q_{\text{бп}} = 22,8 \text{ м}^3/\text{с}$ несколько меньше от принимавшегося ($25,0 \text{ м}^3/\text{с}$) в монографии [1] для восстановления естественного стока р. Или в урочище Капшагай после создания Капшагайского водохранилища, а также от установленного ($26,0 \text{ м}^3/\text{с}$) В. В. Голубцовым и Л. К. Некипеловой [2] по связи стока р. Или и рек-аналогов.

Определенный интерес представляет и оценка изменения бокового притока речных вод в водохранилище по календарным пятилеткам, приведенная в таблице. Колебания $Q_{\text{бп}}$, осредненные по пятилетиям, являются более сглаженными, чем ежегодные, и позволяют еще лучше представить их характер в течении рассматриваемого периода (Табл. 2).

Таблица 2

Изменение бокового притока речных вод в Капшагайское водохранилище по пятилеткам

Период (годы)	Боковой приток, $\text{м}^3/\text{с}$	Период (годы)	Боковой приток, $\text{м}^3/\text{с}$
1946-1950	44,5	1971-1975	22,9
1951-1955	43,8	1976-1980	22,5
1956-1960	45,3	1981-1985	20,2
1961-1965	34,4	1986-1990	26,6
1966-1970	31,4	1991-1995	20,8

По данным табл. 2 видно, что в период с 60-х до середины 80-х годов прошлого столетия в основном преобладала тенденция уменьшения бокового притока и только в 1986-1990 годах последняя несколько нарушилась. В первом пятилетии 90-х годов отмеченная тенденция снова восстановилась. Такое изменение $Q_{\text{бп}}$ объясняется возрастающим во времени влиянием хозяйственной деятельности на сток рек, прежде всего заборам поверхностных вод на орошение и регулированием стока р. Шилик Бартогайским водохранилищем. Это подтверждается наличием следующей зависимости (коэффициент корреляции $0,77$), полученной по фактическим и

восстановленным данным бокового притока в Капшагайское водохранилище:

$$Q_{bn} = 0,69 \Sigma Q - 0,73 Q_{oz} + 8,54, \quad (8)$$

где Q_{bn} - боковой приток речных вод в водохранилище, m^3/c ; ΣQ - суммарный годовой расход воды рек Каскелен, Шемолган, Аксай, Бол. Алматинка, Проходная, Тересбутак, Мал. Алматика, Талгар, Ёсик, Турген, Асы, Шилик в гидрометрических створах у выхода из гор, m^3/c ; Q_{oz} - суммарный забор воды за год из поверхностных водоисточников в бассейнах левобережных притоков Капшагайского водохранилища, m^3/c .

Анализ данных о водозаборах показал, что суммарные изъятия речного стока на хозяйственные нужды в бассейнах левобережных притоков Капшагайского водохранилища тесно связаны с заборами поверхностных вод в бассейне р. Шилик. Коэффициент корреляции этой связи равен 0,85. Учитывая это, авторы данной работы получили также зависимость

$$Q_{bn} = 1,02 \Sigma Q - 1,37 Q_{oz} - 18,7, \quad (9)$$

где ΣQ - тот же расход воды, что и в выражении (8), m^3/c ; Q_{oz} - забор воды из поверхностных водоисточников в бассейне р. Шилик, m^3/c .

Коэффициент множественной корреляции зависимости, описанной выражением (9), равен 0,89. Эта зависимость может найти широкое применение при расчетах водного баланса Капшагайского водохранилища и в некоторых других исследованиях.

Поступление воды из ручья Шенгельды, являющегося единственным правобережным водотоком, достигающим Капшагайского водохранилища, по сравнению с суммарным боковым притоком из левобережных рек меньше по крайней мере на два порядка. По данным наблюдений с. Шенгельды, средний многолетний расход воды в этом створе равен всего 0,22, наибольший - достигает 0,85, наименьший - составляет 0,12 m^3/c .

Таким образом, основные результаты оценки бокового притока речных вод в Капшагайское водохранилище сводятся к следующему:

1. Преобладающая часть бокового притока в водохранилище приходится на левобережные реки. За период существования водоема она составила в среднем 22,8 m^3/c .

2. Суммарный годовой сток в устьях рек на участке водохранилища за годы, предшествующие созданию последнего, в среднем был примерно в 1,8 раза больше.

3. Уменьшение бокового притока в 60-е - второй половине 80-х годов прошлого столетия в значительной мере обусловлено возмоставшими заборамн поверхностных вод на хозяйственные нужды.

4. Для расчета бокового притока в дальнейшем можно использовать его зависимость от суммарного стока рек у выхода из гор и водозаборов в бассейне р. Шилик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья. - С-Пб: Гидрометеоиздат, 1995. - 269 с.
2. Голубцов В.В., Некипелова Л. К. О необходимости оценки и учета влияния хозяйственной деятельности при разработке методов прогноза стока рек // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып. 97. - С. 12-18.
3. Достоев Ж. Д. Трансформация стока рек северного склона Заилийского Алатау // Дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. - Алма-Ата, 1990. - 189 с.
4. Рождественский А. В., Чеботарев А. И. Статистические методы в гидрологии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 424 с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАШАҒАЙ СУ ҚОЙМАСЫНА ШЕТТЕН ҚҰЯТЫН ӨЗЕНДЕР СУЫНЫҢ КЕЛІП ТҮСУІ

Геогр. ғылымд. канд.	И.И. Скоцеляс
Техн. ғылымд. канд.	В.И. Ли
Геогр. ғылымд. канд.	В.П. Попова
	С.А. Ерисковский

Қашағай су қоймасына құятын өзендер сағасындағы жылдық су ағысының 56 жылдық тімізі және су қоймасына шеттен келіп түсетін өзен суының барлығының тізімі алынған. Аталған ағымдардың көрсетілген мерзімде өзгеруінің талдауы жасалған. Өзендердің таудан шыққан жеріндегі ағыс және шаруашылық қажеттіліктерге судың алынуы мәліметтері бойынша судың келіп түсуін анықтауға мүмкіндік беретін тәуелділіктердің аналитикалық орнектері ұсынылған.