

УДК 551.524.34(574)

**ПОСТУПЛЕНИЕ ВОДЫ В РЕКУ КАРАТАЛ ЗА СЧЕТ
ДЕГРАДАЦИИ ГОРНОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ**

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов
А.В. Линейцева

В статье дана оценка поступления воды в реку Каратал и ее притоки в результате таяния многолетних запасов горных ледников в ее бассейне. Показано, что сток реки Каратал за счет деградации горного оледенения во второй половине 20 – начале 21-го века увеличился на 5...7 %.

Река Каратал расположена на северо-западном склоне хребта Жетысуского Алатау [2, 3]. Для оценки стока реки Каратал и её притоков использовались разностные интегральные кривые. Разностные интегральные кривые необходимы для выявления циклов колебания годового стока. Эти кривые удобны для выбора репрезентативного расчетного периода из длинного ряда наблюдений. Также с их помощью можно оценить положение имеющегося сравнительно короткого ряда наблюдений одной реки, относительно циклов изменения водности в течение длительного многолетнего периода другой реки.

На рис. 1, 2 приведены разностные интегральные кривые среднегодовых расходов воды р. Каратал и ее основного притока – р. Коксу, показывающие ход во времени накопленной разности $\sum(k_i - 1)$. Фаза подъёма кривой означает многоводный период (сток выборочного среднего), фаза спада – маловодный (ниже среднего), а точка перегиба – граница этих периодов.

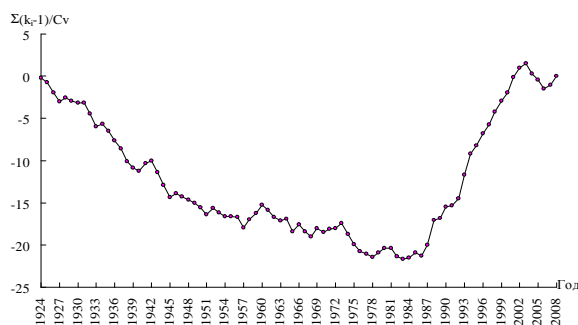


Рис. 1. Разностная интегральная кривая расходов воды р. Каратал – с. Каратал.

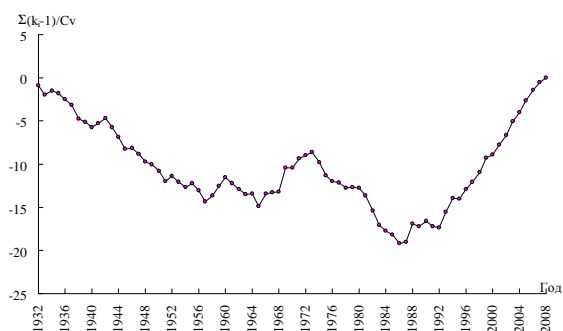


Рис. 2. Разностная интегральная кривая расходов воды р. Коксу – с. Коксу.

Анализ разностных интегральных кривых за период 1932...2009 гг. (рис. 1, 2) показал, что сток исследуемых рек начал увеличиваться с середины 80-х годов 20-го века, в связи с природными и антропогенными изменениями климата, и деградацией горного оледенения.

Более наглядно это видно на разностных интегральных кривых (рис. 3, 4), где основные характеристики приняты за период 1932...1986 гг., который, как мы видим, является однородным. На этих кривых, начиная с 1987 года, однородность рассматриваемого ряда существенно нарушается за счет увеличения увлажнения речных бассейнов и деградации горного оледенения. Характер изменения стока за предыдущий период (1932...1987 гг.) указывает, что его увеличение за счет деградации горного оледенения еще не происходило.

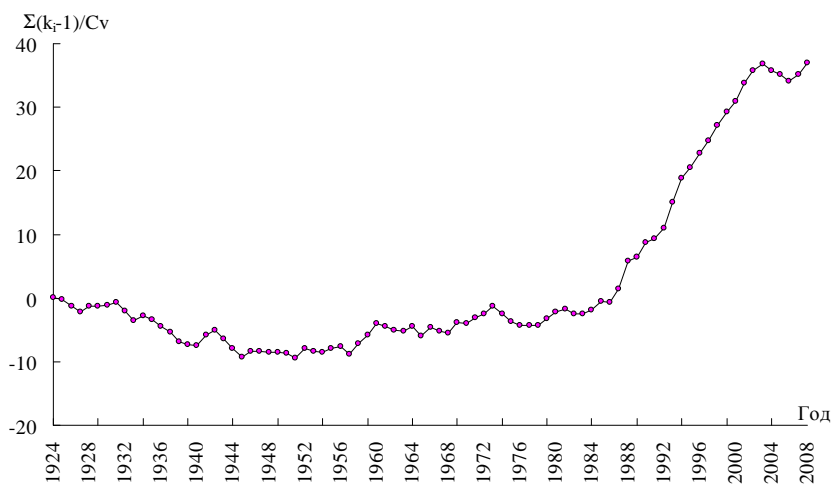


Рис. 3. Разностная интегральная кривая расходов воды р. Каратал – с. Каратал (характеристики взяты за период 1932...1986 гг.).

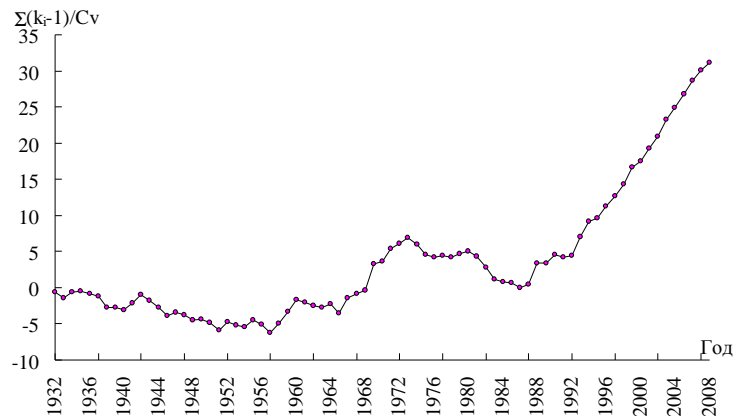


Рис. 4. Разностная интегральная кривая расходов воды р. Коксу – с. Коксу (характеристики взяты за период 1932...1986 гг.).

Средний сток рек за период 1987...2009 гг., как было отмечено ранее, был значительно выше, чем за предыдущий период 1932...1986 гг. В случае стационарности горного оледенения увеличение стока за второй период (1987...2009 гг.) происходил бы пропорционально увеличению стока за первый период (1932...1986 гг.). В случае деградации горного оледенения, сток второго периода должен был увеличиваться по сравнению с первым периодом в большей степени в бассейнах, характеризующихся большей абсолютной и относительной площадью оледенения. Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает, что сток рек Каратал и Коксу, характеризующийся значительным оледенением, увеличился в большей степени, чем сток одного из притоков р. Каратал – р. Шыжын – г. Текели, характеризующийся незначительным оледенением. В частности, сток р. Каратал во второй период увеличился по сравнению с первым периодом на 40 %, в то время как сток р. Шыжын – всего на 21,4 %. Это указывает на то, что увеличение стока рек Каратал и Коксу происходило в значительной степени за счет деградации горного оледенения. В рассматриваемом случае, поступление воды в реки за счет деградации горного оледенения может быть определено как разность общего увеличения стока и увеличения стока за счет увлажнения в бассейне, определенного путем использования относительного повышения стока для бассейна, в котором оледенение практически отсутствует.

Оценка увеличения стока в период 1987...2009 гг. за счет увеличения увлажнения и деградации горного оледенения может быть произведена путем сопоставления стока рек с различной долей оледенения горных бассейнов (в %) (табл. 1, 2, 3).

Таблица 1

Характеристики стока рек Каратал, Коксу и Шыжын

F, км ²	ω		R ₀ , м ³ /с	R ₁ , м ³ /с	R ₂ , м ³ /с	(R ₂ - R ₁) = (P + D)	
	км ²	%				м ³ /с	%
1	2	3	4	5	6	7	8
р. Каратал – п. Каратал							
1160	76,7	6,6	29,8	25,0	35,0	10,0	40,0
р. Коксу – с. Коксу							
1590	124	7,8	38,3	32,9	44,5	11,6	35,3
р. Шыжын – г. Текели							
682	11,6	1,7	11,7	11,2	13,6	2,40	21,4

Примечание: F – площадь водосбора; ω – площадь оледенения; R₀ – средний многолетний сток за период 1956...2009 гг.; R₁ – средний годовой сток за период 1932...1986 гг.; R₂ – средний годовой сток за период 1987...2009 гг.; (R₂ - R₁) = (P + D) – превышение среднего годового стока за счет увеличения увлажнения и деградации горного оледенения.

Превышение среднегодового стока за счет увеличения увлажнения и деградации горного оледенения (графа 7) определялось как разность среднегодового стока (м³/с) за периоды 1987...2009 гг. и 1932...1986 гг., а также в % по отношению ко второму периоду (1932...2009 гг.).

В табл. 1 приведены характеристики оледенения в бассейнах рек Каратал, Коксу и Шыжын и превышения стока этих рек за период 1987...2009 гг. по сравнению с периодом 1932...1986 гг. Это превышение оказалось более значительным для рек, бассейны которых характеризуются большим горным оледенением, по сравнению с бассейном р. Шыжын, оледенение которого сравнительно невелико.

Сравнение данных наблюдения за стоком р. Шыжын, бассейн которой характеризуется незначительным оледенением (11,6 км²), и р. Каратал, бассейн которой характеризуется значительным количеством ледников (76,7 км²), показывает, что увеличение стока за период 1987...2009 гг. по р. Каратал составило 10,0 м³/с (т.е. на 40 % больше, чем за период с 1932 по 1986 гг.), а по реке Шыжын – 2,4 м³/с (на 21,4 %). Также было произведено сравнение стока р. Коксу и р. Шыжын. За период 1987...2009 гг. сток реки Коксу увеличился на 11,6 м³/с (на 35,3 %). Это значительное увеличение стока рек Каратал и Коксу, по сравнению с увеличением стока р. Шыжын, мы полагаем, в основном произошло за счет поступления дополнительного количества воды в результате деградации горного оледенения в бассейнах данных рек (табл. 1).

В табл. 2 приведены расчеты по определению поступления воды в реки Каратал, Коксу и Шыжын за период 1987...2009 гг. за счет увеличения увлажнения и деградации горного оледенения.

Таблица 2

Оценка превышения стока рек Каратал, Коксу и Шыжын за счет увеличения увлажнения и деградации горного оледенения

$(R_2 - R_1) = (P + \Delta D)$ за год, м ³ /с	$D - \Delta D$, м ³ /с	ΔD , м ³ /с	D		P	
			%	м ³ /с	м ³ /с	%
1	2	3	4	5	6	7
5,35	4,65	0,83	21,9	5,48	4,52	18,1
	р. Каратал – п. Каратал					
7,03	4,57	0,48	15,3	5,05	6,55	19,9
	р. Коксу – с. Коксу					
2,40	0	0,37	3,3	0,37	2,03	18,1
	р. Шыжын – г. Текели					

Примечание: $P + \Delta D$ – повышение стока в основном за счет увеличения увлажнения; D – поступление воды в реки за счет деградации горного оледенения (1987...2009 гг.); ΔD – поступление воды в реки за счет деградации оледенения, при минимальном значении его площади в рассматриваемых бассейнах; P – поступление воды в реки за счет увеличения увлажнения горных склонов.

Для оценки превышения стока рек за счет увлажнения за период 1987...2009 гг., по сравнению с предыдущим периодом 1932...1986 гг., может быть принято такое же соотношение в %, как и для р. Шыжын. В этом случае, превышение стока рек Коксу и Каратал за указанные периоды за счет деградации горного оледенения может быть определено как разность общего превышения и превышения стока за счет увеличения увлажнения, принятого по аналогии с бассейном р. Шыжын.

Значение $(P + \Delta D)$ (графа 1) определялось как отношение $(P + D$ в %) реки Шыжын и $(P + D$ в %) р. Каратал (р. Коксу), умноженное на $(P + D$ в м³/с) р. Каратал (р. Коксу).

Для р. Каратал была определена доля ΔD (графа 4) по отношению к значению $P + \Delta D$ (графа 1) в %. Она оказалась равной 15,5 %. Затем для р. Шыжын, водосбор которой находится в пределах бассейна р. Каратал, определялось значение ΔD по аналогии с соотношением, полученным для р. Каратал. Оно оказалось равным 0,37 м³/с.

Величина P (графа 6) определялась как разность $(P + D$ в м³/с) и D .

В табл. 3 приведены расчеты по оценке поступления воды в реки за счет деградации горного оледенения по сравнению с ледниковым стоком и общим речным стоком за период 1956...2009 гг.

Таблица 3

Оценка поступления воды в реки за счет деградации горного оледенения по отношению к ледниковому стоку и общему речному стоку за период 1956...2009 гг.

$D, \text{км}^3$	$RG, 1956...2009 \text{ гг.}, \text{км}^3$	$D/RG, \%$	$R_0, 1956...2009 \text{ гг.}, \text{км}^3$	$D/R_0, \%$
1	2	3	4	5
3,98	5,87	67,8	50,79	7,83
3,66	8,12	45,1	65,27	5,61
0,27				

Примечание: RG – ледниковый сток.

Для сравнения стока воды, поступающей в реки за счет деградации горного оледенения с величиной ледникового стока за 1956...2009 гг. использовались данные, приведенные в работе Е.Н. Вилесова и В.И. Морозовой [1]. В этой работе приведены данные определения ледникового стока за 1956...2000 гг. Приведенная в этой работе зависимость от числа лет от начала расчета определения оледенения по рекам Коксу и Каратал позволила нам определить ледниковый сток за период 2001...2009 гг. и в среднем за период с 1956...2009 гг. по рекам Коксу и Каратал. Полученные значения приведены в графе (2) табл. 3.

Отношение добавки за счет увеличения деградации горного оледенения к ледниковому стоку, в % приведена в графе (3). Отношение добавки за счет увеличения деградации горного оледенения к общему речному стоку за период 1956...2009 гг., в % приведена в графе (5).

Как отмечалось выше, в работе [3], деградация горного оледенения в бассейнах рек Каратал и Коксу наблюдалась, по крайней мере, начиная с 1956 года. Однако, до середины 80-х годов прошлого века поступление воды за счет деградации горного оледенения в рассматриваемые реки, по-видимому, не осуществлялось. В соответствии с законом сохранения массы, дополнительное количество воды за счет деградации горного оледенения все-таки должно поступить в речную сеть и увеличить сток рек. Действительно, оно стало заметным только в период 1987...2009 гг. Такое запаздывание поступления воды от деградации горного оледенения в реки, по-видимому, было связано с переходом ледниково-моренного комплекса в новую стадию, обусловленную повышением температуры воздуха и деградацией горного оледенения. Следует полагать, что в этой стадии про-

исходило формирование и начальное заполнение водой новых регулирующих емкостей ледниково-моренного комплекса не только в нижней части горного оледенения (моренные озера), но и в пределах высотных зон, расположенных выше, вплоть до гребней горных систем.

Таким образом, в результате выполненных исследований удалось установить, что поступление воды в реки за счет деградации горного оледенения, начавшегося, по крайней мере, с 1956 года, стало заметным только, начиная с середины 80-х годов прошлого века. За счет деградации горного оледенения за период 1956...2009 гг. это поступление воды в реки составило для р. Каратал $3,98 \text{ км}^3$, а для р. Коксу – $3,66 \text{ км}^3$. По отношению к величине ледникового стока это составляет для р. Каратал 67,8 %, а для р. Коксу – 45,1 %. А по отношению к годовому стоку этих рек – 7,83 % для р. Каратал и 5,61 % для р. Коксу.

Результаты проведенного анализа указывают на возможность его использования для оценки изменения стока в процессе деградации горного оледенения и для других горных речных бассейнов.

Данные результаты получены при проведении исследований по программе «Оценка ресурсов и прогноз использования природных вод Казахстана в условиях антропогенно и климатически обусловленных изменений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Морозова В.И. Современные тенденции изменения размеров оледенения и ледникового стока в бассейне реки Каратал, Западная Джунгария. // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №3. – С. 80-92.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР, Том 13 Центральный и Южный Казахстан. – Вып. 2. Бассейн озера Балкаш. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 644 с.
3. Северский И.В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. – Алма-Ата: Изд-во Наука, 1978. – 255 с.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

ТАУ МҰЗДЫҚТАРЫНЫҢ ҚҰЛДЫРАУЫ САЛДАРЫНАН ҚАРАТАЛ ӨЗЕНІНЕ СУДЫҢ КЕЛІП ТҮСУІ

Геогр. ғылымд. канд. В.В. Голубцов
А.В. Линейцева

Мақалада Қаратал өзеніне және оның тармақтарына, оның алабындағы таулы мұздықтардың көпжылдық қорының еру нәтижесіндегі келіп түсетін суды бағалау берілген. Таулы мұздықтардың құлдырау салдарынан 20 ғасырдың екінші жартысында 21 ғасырдың басында Қаратал өзенінің ағыны 5...7 % көбейгені көрсетілген.