

УДК 551.524.34(574)

**ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И РЕЖИМА РЕК
В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕГРАДАЦИИ ГОРНОГО
ОЛЕДЕНЕНИЯ В ИХ БАССЕЙНАХ**

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

Разработана методика определения изменения водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения в бассейне озера Балхаш. Приведены обоснованные количественные оценки этих изменений. Предлагаемая методика может быть использована и для других регионов нашей планеты, в которых наблюдается деградация горного оледенения.

Деградация горного оледенения, сформировавшегося до 17-го – начала 18-го века, начиная со второй половины 20-го века значительно усилилась, в основном за счет повышения температуры воздуха. Гляциологические наблюдения [11, 8, 1, 5] и произведенные расчеты показали, что горное оледенение, в рассматриваемом бассейне, за последние 50 лет (1956...2005 гг.) сократилось на 35...37 %, а его объем на 41...43. Поступление в горные реки воды, образовавшейся в процессе деградации оледенения за указанный период, составило 10...12 % от климатически обусловленной нормы их годового стока. В дальнейшем поступление воды от таяния ледников будет сокращаться.

Гляциологические исследования показали, что при темпах деградации горного оледенения, наблюдавшихся во второй половине 20-го века, оно может практически исчезнуть уже в конце текущего века [3].

В связи с этим возникает необходимость оценки изменений водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения.

В монографии [3] достаточно определенно обозначены вероятные последствия деградации оледенения для ресурсов и водного режима горных рек. Ее авторы справедливо отмечают, что в результате деградации горного оледенения сток рек северного склона Заилийского Алатау сократится, по их экспертной оценке, примерно на 16 %. Исчезнет регулирующее влияние оледенения речных бассейнов на межгодовую изменчивость общего стока, обусловленное асинхронностью ледникового стока и стока с неледниковых частей поверхности водосбора. Изменится внутригодовое

распределение речного стока: уменьшится его величина в летние месяцы (июль – август) и увеличится в весенне-летние месяцы (май – июнь). Что негативно отразится на сельскохозяйственном производстве в районах орошаемого земледелия. Все эти три направления негативных последствий деградации оледенения для водных ресурсов и водного режима стока горных рек требуют тщательного изучения и количественной оценки.

1 Изменение водных ресурсов и режима горных рек

Как известно, информация о значениях элементов водного баланса в высокогорных зонах речных бассейнов ограничена и часто недостаточно достоверна. Имеется очень небольшое количество работ, в которых приводится достаточно надежная информация о значениях элементов водного баланса в бассейнах горных рек. Одной из таких работ является монография [9], в которой приведены сведения об элементах водного баланса горных рек северного склона Заилийского Алатау. Используя эту информацию, попытаемся оценить изменения ресурсов стока горных рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах.

Средний многолетний годовой сток с ледников в условиях стационарности горного оледенения на уровне середины 20-го века может быть определен как разность зональных величин осадков, выпадающих на ледник, и испарение с его поверхности. Средние многолетние величины поступления осадков на поверхность ледника были приняты по данным, приведенным в монографии [9, (табл. 27)]. Они были определены как средне-взвешенные по площади значения осадков [9, (табл. 12)] для бассейнов рек северного склона Заилийского Алатау. Зональные величины испарения с ледниковых поверхностей были приняты также по данным, приведенным в монографии, для северной, западной и восточной экспозиций [9, (табл. 30)].

Для южной экспозиции испарение с ледников для зоны 3000 м было определено с помощью графика, приведенного в указанной работе [9, (рис. 9)]. Его распределение по высотным зонам было принято по аналогии распределения испарения для западной и восточной экспозиции. Оценка испарения для оледенения северного склона Заилийского Алатау была сделана с учетом разделения ледников по экспозициям. Для этого были использованы сведения, приведенные в монографии [10]. Распределение по экспозициям было принято следующим: для северной экспозиции – 68,2 %, для западной и восточной экспозиции – 30,5 % и для южной экспозиции – 1,3 %. Испарение с ледников северного склона Заилийского Алатау было принято как средняя взвешенная величина по площади оледенения в преде-

лах указанных экспозиций (табл. 1). Средний многолетний зональный сток с ледников северного склона Заилийского Алатау определялся как разность годовых осадков и испарения с их поверхности (табл. 1).

Таблица 1

Определение ледникового стока в бассейнах горных рек северного склона Заилийского Алатау

Высотный интервал, м	Площадь оледенения, км ²	Атмосферные осадки		Испарение		Сток с ледников	
		мм	млн. м ³	мм	млн. м ³	мм	млн. м ³
4600...5000	0,804	874	0,703	35	0,028	839	0,675
4200...4600	25,03	897	22,5	35	0,876	862	21,6
3800...4200	161,8	932	151	50	8,09	882	143
3400...3800	119,3	946	113	70	8,35	876	105
3000...3400	1,378	917	1,26	77	0,106	840	1,16
Сумма	308,3	-	288	-	17,5	-	271

Суммарный сток с ледников рассматриваемого склона оказался равным 271 млн. м³ в год. Полученная оценка хорошо согласуется с результатом, приведенным в работе [12] – 273,5 млн. м³ в год. Такое согласование полученных оценок указывает на возможность использования рассматриваемого способа определения среднего многолетнего ледникового стока.

В монографии [3] величина стока с ледников оценивается в 336,7 млн. м³. Различие приведенных выше оценок ледникового стока, по видимому, обусловлено тем, что для оценки последней величины использовались другие подходы к оценке аккумуляции на ледниках атмосферных осадков и абляции в процессе деградации горного оледенения.

Для оценки общего (включая ледниковый) стока северного склона Заилийского Алатау использованы данные, приведенные в работе [9, (табл. 27)] для отдельных рек рассматриваемого склона. Для всего склона зональные величины общего стока определялись как средние взвешенные значения по площади высотных зон отдельных речных бассейнов (табл. 2). Для этого были использованы данные о распределении площадей по высотным зонам в указанных бассейнах, приведенные в работе [9, (табл. 12)]. Вычитая от зональных значений объема общего стока объем стока с ледников можно определить объем зонального стока с неледниковой поверхности. Разделив его на площадь неледниковых поверхностей отдельных высотных зон, получим слой стока с неледниковых поверхностей северного склона Заилийского Алатау. Далее, рассчитав для площади оледенения величину объема неледникового стока с ледниковых поверхностей и вычтя ее из соответствующих объемов ледникового стока, получим оценку возможного сокращения речного стока в результате деградации горного оледенения рассматриваемого склона (табл. 3).

Таблица 2

Определение общего стока в высокогорье речных бассейнов северного склона Заилийского Алатау и его значений с неледниковой поверхности речных бассейнов

Высотный интервал, м	Площадь, км ²			Общий сток		Ледниковый сток, млн. м ³	Сток с неледниковой поверхности	
	общая	ледниковая поверхность	не ледниковая поверхность	мм	млн. м ³		млн. м ³	мм
4600...5000	1,808	0,804	1,004	386	0,698	0,675	0,023	23
4200...4600	49,8	25,03	24,77	445	22,2	21,58	0,59	24
3800...4200	247	161,8	85,2	703	174	143	30,9	363
3400...3800	460	119,3	340,7	863	397	105	292	858
3000...3400	483	1,378	481,622	676	327	1,16	325	676
Сумма	1241,6	308,3	933,3	-	920,0	270,6	649,4	-

Таблица 3

Определение изменений ледникового стока в результате деградации горного оледенения

Высотный интервал, м	Площадь оледенения, км ²	Сток, мм		Изменения ледникового стока	
		ледниковая поверхность	неледниковая поверхность	мм	млн. м ³
4600...5000	0,804	839	23	816	0,656
4200...4600	25,03	862	24	838	21
3800...4200	161,8	882	363	519	84
3400...3800	119,3	876	858	18	2,09
3000...3400	1,378	840	676	164	0,227
Сумма	308,3	-	-	-	107,9

Величина неледникового стока с поверхности, занятой в начале второй половины прошлого века ледниками, оказалась равной 107,9 млн. м³ в год или, с некоторым округлением, 108 млн. м³ в год. Если вычесть из величины ледникового стока 271 млн. м³ в год, величину стока с неледниковых поверхностей, равную 108 млн. м³, то можно получить оценку уменьшения стока в результате деградации горного оледенения северного склона Заилийского Алатау, равную 163 млн. м³ в год. По отношению к общему стоку рассматриваемого склона, равному 1325 млн. м³ в год, величина его сокращения в результате деградации горного оледенения составит 12 % в год. По отношению к величине ледникового стока (271 млн. м³) сток с вновь образовавшейся неледниковой поверхности составляет 40 %, а сокращение стока в результате деградации горного оледенения – 60 %. Примерно такую же величину сокращения стока в процентах можно получить и по экспертным оценкам, приведенным в [3].

Располагая результатами приведенных выше исследований ледникового стока можно определить для отдельных частей бассейна озера Балхаш величину сокращения общего стока в результате деградации горного оледенения. Результаты оценки сокращения среднего многолетнего стока рек в бассейне озера Балхаш в результате деградации горного оледенения приведены в табл. 4.

Таблица 4

Сокращение среднего многолетнего стока в бассейне озера Балхаш в результате деградации горного оледенения

Бассейн реки	Ледниковый сток, км ³ в год	Сток с неледниковой поверхности	Сокращение ледникового стока	
			км ³ в год	% от годового стока
Р. Иле (КНР)	2,86	1,14	1,72	12,3
Р. Иле (РК)	0,9	0,36	0,54	9,87
Р. Иле (КНР+РК)	3,76	1,5	2,26	11,6
Северный склон Джунгарского Алатау	0,47	0,19	0,28	5,87
Оз. Балхаш	4,23	1,69	2,54	10,5

Для определения сокращения общего стока в верхней части этого бассейна можно использовать результаты исследования ледникового стока, приведенные в [4]. Приведенная в этой работе величина ледникового стока, равная 2,31 км³ и составляющая 16,5 % от общего стока (14 км³ в

год), определена для условий размеров горного оледенения 1982 г. и равное 2022 км². Для сравнения с данными о ледниковом стоке, имеющимися в Казахстане, нам необходимы сведения о ледниковом стоке на начало второй половины прошлого века. Используя метод аналогии, мы оценили величину площади оледенения в верхней части бассейна р. Иле (КНР) на 1955...1956 гг., она оказалась равной 2501 км². Величина ледникового стока, как известно, пропорциональна площади оледенения. Поэтому его величина на 1955...1956 гг. для верхней части бассейна р. Иле может быть принята равной 2,86 км³ в год.

Сокращение общего годового стока в результате деградации горного оледенения в верхней части бассейна р. Иле возможно путем использования результатов, полученных для северного склона Заилийского Алатау. Они показали, что сокращение общего годового стока составит 60 %, а стока, с вновь образовавшейся неледниковой поверхности – 40 % от величины ледникового стока.

Тогда, для верхней части бассейна р. Иле, сток с неледниковой поверхности составит 1,14 км³ в год, а сокращение общего стока в результате деградации горного оледенения 1,72 км³ в год.

Для определения сокращения общего годового стока в результате деградации горного оледенения в средней части бассейна р. Иле могут быть использованы исследования ледникового стока, приведенные в [12]. По данным авторов этой работы, он оказался равным около 0,9 км³ в год или 16,5 % от общего стока, равного 5,47 км³ в год. Используя эти результаты аналогичным образом, можно определить, что сток, с вновь образовавшейся неледниковой поверхности, составит 0,36 км³ в год, а величина сокращения общего годового стока в результате деградации горного оледенения – 0,54 км³ в год.

Для всего бассейна р. Иле сокращение общего стока в результате деградации горного оледенения составит в среднем 2,26 км³ в год, или 11,6 % в год по отношению к современному общему стоку ледниковых рек, равному 19,5 км³ в год.

Для северного склона Джунгарского Алатау величина ледникового стока составляет около 0,47 км³ в год или 9,85 % от величины среднемноголетнего годового стока. Используя этот результат, можно определить, что сток, с вновь образовавшейся неледниковой поверхности, составит 0,19 км³ в год, а величина сокращения общего годового стока в результате деградации горного оледенения 0,28 км³ в год.

Для всего бассейна озера Балхаш сокращение общего стока в результате деградации горного оледенения, по предварительной оценке, составит $2,54 \text{ км}^3$ в год или 10,5 % от современного общего стока ледниковых рек, равного $24,2 \text{ км}^3$ в год.

Следует отметить, что сокращение общего стока до приведенных выше результатов будет происходить не сразу после освобождения определенной части горного бассейна от покровного оледенения. Оно будет увеличиваться постепенно по мере формирования в верхнем деятельном слое бассейна примерно таких же ледотермических и инфильтрационных характеристик, как и у расположенных рядом, на тех же высотных отметках современной неледниковой поверхности.

Изменение характеристик деятельного слоя поверхности горного бассейна является сложным и длительным процессом [1], который, по-видимому, может продолжаться в течение нескольких десятилетий после освобождения его ото льда. Поэтому, следует полагать, что в ближайшие десятилетия потери стока, на вновь образовавшейся неледниковой поверхности, по-видимому, еще не будут существенно сказываться на величине годового стока.

2 Изменение межгодовых колебаний стока горных рек

Современное оледенение речных бассейнов оказывает существенное регулирующее влияние на речной сток. Оно обусловлено превышением абляции снега и льда над аккумуляцией осадков в годы с пониженным увлажнением горных склонов и превышением аккумуляции над абляцией в годы с повышенным количеством выпадающих осадков [3]. За счет этого процесса коэффициент вариации годового стока уменьшается с увеличением относительной площади оледенения речных бассейнов. Этот эффект – влияние оледенения на коэффициент вариации годового стока и его значений за вегетационный период был впервые отмечен в работах по гидрологии рек Средней Азии. Для территории Казахстана зависимость коэффициента вариации годового стока от относительной площади оледенения приведена в [6]. Для рек северного склона Джунгарского Алатау и некоторых других рек Средней Азии автор этой работы установил в десятичных логарифмах зависимость коэффициента вариации годового стока от площади оледенения, выраженной в процентах от общей площади речного бассейна. Коэффициент корреляции этой связи $r = -0,70 \pm 0,05$. Далее, в результате потенцирования этого уравнения, им была получена зависимость:

$$C_v = \frac{A}{(P+1)n} \quad (1)$$

или $A = C_v(P+1)^n, \quad (2)$

где C_v – коэффициент вариации годового стока; P – площадь оледенения в % от общей площади речного бассейна; A, n – параметры.

Параметр A в выражении (1) оказался равным 0,28. Он представляет собой коэффициент вариации годового стока рек при отсутствии оледенения в их бассейнах. Параметр $n = 0,24$ [6].

Располагая данными о характеристиках годового стока речных бассейнов северных склонов Заилийского и Джунгарского Алатау (табл. 5), была получена зависимость, приведенная на рис. 1.

Таблица 5

Современное оледенение северных склонов Заилийского и Джунгарского Алатау

Река – пост	$F_{\text{общ.}}$, км ²	$F_{\text{лед.}}$, км ²	$F_{\text{лед.}}/F_{\text{общ.}}$, %	Q_0 , м ³ /с	C_v
Северный склон Заилийского Алатау					
р. Узункаргалы – пос. Фабричный	344	12,4	3,6	3,84	0,19
р. Чемолган – с. Чемолган, в 6 км выше селения	139	2,1	1,51	1,3	0,19
р. Аксай – кордон Аксайский, в 2 км выше кордона	134	15,7	11,72	2,33	0,16
р. У. Алматы – в 2 км ниже устья ручья Тересбутака	280	39,5	14,11	5,3	0,15
р. У. Алматы – г. Алматы	118	11,4	9,66	2,42	0,2
р. Талгар – г. Талгар	444	117	26,35	10,4	0,14
р. Иссык – свх. Иссык, в 5 км ниже оз. Иссык	256	53	20,7	4,98	0,15
р. Тургенъ – с. Таутургенъ	614	39,5	6,43	7,13	0,15
Северный склон Джунгарского Алатау					
р. Кора – г. Текели	484	72,1	14,9	13,1	0,17
р. Чижа – г. Текели (с. Каратальское, в 5 км выше селения)	479	8,5	1,77	11,6	0,31
р. Коксу – свх Кук-Креу	3670	148,5	4,05	58,4	0,24
р. Аксу – с. Абакумовское	1330	76,1	5,72	11,8	0,2
р. Сарканд – с. Сарканд	645	58	8,99	6,54	0,17
р. Баскан – клх «Энергия»	903	84,7	9,38	10,4	0,17
р. Лепси – г. Лепсинск	1220	81,9	6,71	18,7	0,22
р. Тентек – клх «Тункуруз»	3300	96,4	2,92	46,4	0,25

Она имеет следующее выражение:

$$\log C_v = 0,24(P+1) - 0,5086 \quad (3)$$

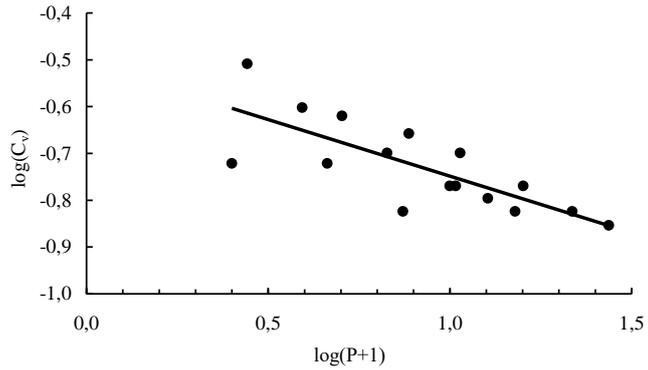


Рис. 1. Зависимость коэффициента вариации годового стока от площади оледенения, в процентах от общей площади речного бассейна.

Коэффициент корреляции $r = 0,79 \pm 0,034$. В результате потенцирования этого уравнения получим выражение (1) при $A = 0,31$. Значение параметра $n = 0,24$, т.е. таким же как и в работе [6]. Это выражение можно использовать для оценки изменения статистических характеристик речного стока в результате деградации оледенения в их бассейнах. Для этого, располагая для отдельных речных бассейнов значениями коэффициента вариации C_v и площади оледенения P , в процентах от общей площади их водосборов, из выражения (2) при $n = 0,24$ следует определить параметр A , являющийся коэффициентом вариации стока реки при отсутствии оледенения. Затем, используя значение $C_v = A$, можно при полученном ранее соотношении коэффициента вариации C_v и коэффициента асимметрии C_s определить значения стока различной обеспеченности.

В табл. 6 для некоторых рек северного склона Заилийского Алатау приведены результаты сопоставления значений стока различной обеспеченности при наличии и отсутствии оледенения в их бассейнах, а также разность между ними в процентах. Располагая зависимостью (3), можно на примере отдельных рек оценить, как в результате деградации горного оледенения изменяются межгодовые колебания речного стока и статистические характеристики годового стока. При этом будем учитывать, что в результате деградации оледенения речной сток сократится на 12 %. В табл. 6 такие оценки приведены для рек Талгар, Иссык, Улькен Алматы и Аксай. В первых трех столбцах этой таблицы приведены сведения о площадях водосбора и оледенения рассматриваемых речных бассейнов. В остальных пяти столб-

цах – статистические характеристики речного стока: в первой строке в естественных условиях, а во второй – после деградации горного оледенения в речных бассейнах. В третьей строке приведена разность, в %, стока различной обеспеченности приведенных в первой и второй строке табл. 6.

Таблица 6

Изменение характеристик стока рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах, сток уменьшен на 12 %

Площадь водосбора, км ²	Площадь оледенения		Характеристики стока			Расходы различной обеспеченности, м ³ /с	
	км ²	% от площади водосбора	Q ₀ , м ³ /с	C _v	C _s	1%	95%
	р. Талгар – г. Талгар						
444	117	26,4	10,40	0,14	0,28	14,1	8,2
	0	0	9,15	0,31	0,62	17,0	5,1
	Δ, %		-12			20,5	-37,9
	р. Иссык – свх. Иссык, в 5 км ниже оз. Иссык						
256	53	20,7	4,98	0,15	0,3	6,9	3,8
	0	0	,38	0,31	0,62	8,1	2,4
	Δ, %		-12			18,1	-37,8
	р. Улькен Алматы – в 2 км ниже устья ручья Тересбутак						
237	39,5	16,7	5,30	0,15	0,3	7,3	4,1
	0	0	4,66	0,3	0,6	8,5	2,6
	Δ, %		-12			15,9	-35,4
	р. Аксай – кордон Аксайский, в 2 км выше кордона						
134	15,7	11,7	2,33	0,16	0,32	3,3	1,8
	0	0	2,05	0,29	0,58	4,0	1,2
	Δ, %		-12			11,8	-32,6

Данные, приведенные в табл. 6 показывают, что в результате деградации горного оледенения и увеличения коэффициента вариации годового стока, значения различной обеспеченности существенно изменяются. Сток 95%-ной обеспеченности уменьшится на 32,6...37,9 %, а сток 1 % обеспеченности увеличится на 11,8...20,5 %. Это приведет к существенным затруднениям в использовании стока для нужд орошаемого земледелия, особенно в маловодные годы. В многоводные годы в связи с повышением речного стока повышается вероятность формирования паводков и селевых потоков. В качестве мер адаптации к неблагоприятным изменениям в режиме стока горных рек следует рекомендовать строительство, в бассейнах рассматриваемых рек, водохранилищ, в первую очередь, сезонного и многолетнего регулирования, а также строительство защитных противопаводковых и противоселевых сооружений.

3 Изменение внутригодового распределения стока горных рек

В процессе деградации и уменьшения водных ресурсов горно-ледниковых систем внутригодовое распределение стока существенно изменится. Сток рек, имеющих в своих бассейнах ледники, с древнейших времен создавал благоприятные условия для орошаемого земледелия. Это было обусловлено тем, что наибольший сток этих рек был приурочен к, так называемому, вегетационному периоду (апрель – сентябрь), когда в засушливых районах Средней Азии и Казахстана вода была необходима для обеспечения орошаемого земледелия. Вода была особенно необходима растениям в период, так называемого, короткого лета (июнь – август) [3].

По мере деградации оледенения – уменьшения площади и объема ледников, сток этого периода будет уменьшаться [3]. В конце периода деградации оледенения внутригодовое распределение годового стока рек, имеющих в своих бассейнах ледники, должно приблизиться к внутригодовому распределению стока рек, в бассейнах которых ледники отсутствуют. Основная часть стока таких горных рек формируется в весенний период (апрель – июнь) за счет снеготаяния и выпадения жидких осадков. Такой режим внутригодового распределения стока является недостаточно благоприятным для земледелия, так как в самый засушливый период развития и созревания сельскохозяйственных культур (июль – сентябрь) количество речной воды значительно сокращается.

Вопрос о том, как изменится водный режим в результате деградации оледенения, является исключительно важным для экономики рассматриваемого региона. Особенно важно оценить изменения, которые произойдут во внутригодовом распределении стока горных рек, в бассейнах которых имеются ледники. Эти изменения можно оценить путем сравнения внутригодового распределения стока рек, имеющих ледники в своих бассейнах и рек, в бассейнах которых оледенение отсутствует [7].

На территории республики Казахстан к рекам, в бассейнах которых имеется довольно значительное оледенение, можно отнести р. Шилик, имеющую по выходе из гор площадь водосбора 4300 км² и площадь оледенения 286 км². А к рекам, практически не имеющим в своих бассейнах ледников, можно отнести р. Шарын, имеющую по выходе из гор площадь водосбора 7370 км² и площадь оледенения бассейна около 2 км². Эти две реки являются левыми притоками р. Иле.

Для этих двух рек в табл. 7 приведены сведения о внутригодовом распределении стока по месяцам в различные по водности годы. В первой строке

приведены данные для р. Шилик, во второй – для р. Шарын, в третьей – разность внутригодового распределения стока р. Шарын и р. Шилик (ΔQ , %).

Таблица 7

Внутригодовое распределение стока р. Шилик – с. Малыбай,
р. Шарын – ур. Сарытогай, %

	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Многоводный год												
р. Шилик	3,3	3,1	2,9	3,9	7,6	14	21	19	10,6	6,5	4,7	3,7
р. Шарын	4	4,2	4,5	11	18	15	11	8,7	7,1	6,7	5,4	4,4
ΔQ	0,7	1,1	1,6	6,9	11	0,6	-9,6	-10	-3,5	0,2	0,7	0,7
Средний год												
р. Шилик	3,4	3,2	3,1	3,6	7	14	19	21	11	6,5	4,8	3,8
р. Шарын	4	4,3	6,4	12	14	18	9,9	7,8	7	6,7	5,7	4,8
ΔQ	0,6	1,1	3,3	8	6,6	4,1	-8,6	-13	-4	0,2	0,9	1
Маловодный год												
р. Шилик	3,6	3,3	3,1	3,5	6,4	14	19	21	10,9	6,5	4,8	4
р. Шарын	4,2	4,5	6,9	12	16	13	10	8,3	7,5	6,8	6	4,9
ΔQ	0,6	1,2	3,8	8,7	9,1	-0,9	-8,9	-13	-3,4	0,3	1,2	0,9
Очень маловодный												
р. Шилик	3,7	3,4	3,1	3,4	6,4	14	19	21	10,8	6,7	5	4,1
р. Шарын	4,6	4,8	6,8	12	15	13	10	8,1	7,3	7,2	6,2	5,2
ΔQ	0,9	1,4	3,7	8,6	8,8	-1,1	-9	-13	-3,5	0,5	1,2	1,1

Сравнение данных внутригодового стока двух рек в средний по водности год показывает (рис. 2), что в июле, августе и сентябре сток р. Шилик значительно выше стока р. Шарын. В апреле, мае, июне, наоборот, сток р. Шарын превышает сток р. Шилик. В зимние месяцы сток р. Шарын также несколько превышает сток р. Шилик.

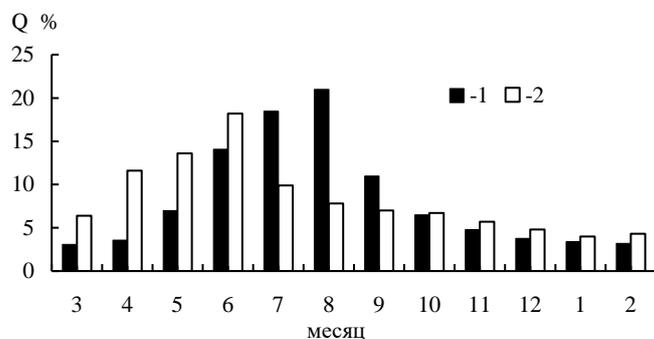


Рис. 2. Сравнение месячного стока среднего по водности года р. Шилик – с. Малыбай (1) и р. Шарын – ур. Сарытогай (2).

Деградация горного оледенения приведет к значительному изменению стока горных рек. В средний по водности год значения стока за июль, август и сентябрь сократятся соответственно с 19 % до 9,9 %, с 21 % до 7,8 %, с 11 % до 7 %. А сток за апрель, май, и июнь увеличится соответственно с 3,6 % до 12 %, с 7 % до 14 %, с 14 % до 18 %. С уменьшением водности года сокращение стока в указанные летне-осенние месяцы несколько уменьшится, и увеличение стока в весенне-летние месяцы тоже сократится. (Табл. 7)

Наглядное представление, об изменении внутригодового распределения стока горных рек по кварталам в результате деградации оледенения дано на рис. 3.

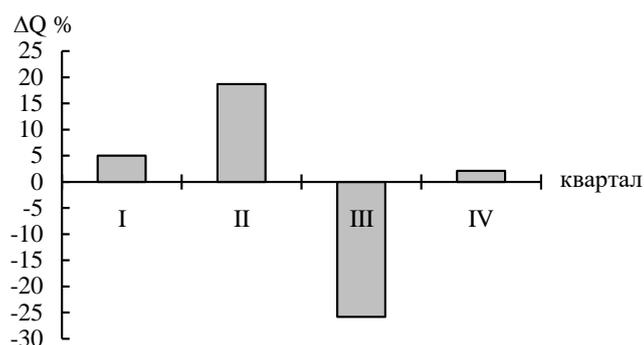


Рис. 3. Изменение внутригодового распределения стока рек в результате деградации горного оледенения, в средний по водности год.

На рис. 3 приведены разности между характеристиками стока рек, не имеющих ледники и имеющие их в своих бассейнах в % от годового стока. Эти данные показывают, что в результате деградации горного оледенения, сток третьего квартала (июль-сентябрь) уменьшится на 25,8 % от его годовой величины, то есть почти в 2 раза по отношению к стоку за этот квартал. В основном за счет уменьшения стока за третий квартал, сток второго квартала (апрель-июнь) увеличится на 18,7 % от годового стока или почти в 2 раза по отношению к стоку этого квартала. Изменения стока за первый и четвертый кварталы будут в количественном отношении сравнительно невелики.

В различные по водности годы распределение годового стока по месяцам и кварталам, в основном, остается почти таким же, как и в средние по водности годы.

Изменение внутригодового стока рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах создает большие трудности при осу-

ществлении и развитии орошаемого земледелия на юго-востоке республики в бассейне озера Балхаш. Для устранения и компенсации последствий деградации горного оледенения в бассейнах рек, сток которых используется для орошаемого земледелия, будет необходимо строить водохранилища и гидроузлы для обеспечения сезонного регулирования речного стока. Такие меры позволят обеспечить благоприятное для культивируемых растений поступление воды на орошаемые массивы.

Заключение

В результате проведенных исследований разработана методика определения водных ресурсов и режима рек в результате деградации горного оледенения в их бассейне.

Расчеты показали, что в результате завершения этого процесса, ожидаемом гляциологами в последних десятилетиях текущего века, сток в бассейне р. Иле уменьшится на 2,3 км³ или 12 % в год, а всего в бассейне оз. Балхаш на 2,5 км³ или 10...12 % в год. В пределах Республики Казахстан сокращение речного стока составит 0,8 км³ или 8 % в год.

Коэффициент изменчивости годового стока увеличится и приблизится к значениям, характерным для рек с отсутствием ледникового питания. Существенно изменится и внутригодовое распределение речного стока – его величина за июль – сентябрь уменьшится, а за апрель – июнь увеличится примерно в два раза.

По мере деградации горного оледенения поступление воды в реки в результате таяния ледников будет уменьшаться, а потери стока на вновь образовавшейся неледниковой поверхности речных бассейнов – увеличиваться. Одновременно в указанных направлениях будет изменяться и водный режим рек – межгодовая изменчивость годового стока и его внутригодовое распределение.

Предложенная методика определения изменений водных ресурсов и режима рек бассейна озера Балхаш может быть использована и для других регионов нашей планеты, в которых происходит деградация горного оледенения.

Изменение водных ресурсов и режима стока горных рек в результате деградации горного оледенения в их бассейнах способны значительно осложнить сельскохозяйственную деятельность в районах орошаемого земледелия и сохранения экологической системы озера Балхаш. Исследования проводились при финансовой поддержке ПРООН Республики Казахстан в рамках подготовки второго национального сообщения об изменении климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Горбунов А.П., Морозова В.Н., Северский И.В. Деградация оледенения и криогенез на современных моренах северного Тянь-Шаня // Научный журнал Криосфера Земли. – 2006. – Т. X. – № 1, январь-март. – С. 69-73.
2. 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.
3. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы: 2001. – 252 с.
4. Глазырин Г.Е., Шестерова И.Н. Некоторые особенности оледенения Китайской части бассейна реки Или // Географическая наука в Казахстане; результаты и пути развития. – Алматы: «Ғылым», 2001. – С. 303-311.
5. Каталог ледников СССР. Том 13. Центральный и Южный Казахстан.- Вып. 2. Бассейн озера Балхаш. Части 1-4. – Л.: Гидрометеоиздат, 1967-1975.
6. Лаврентьев П.Ф. Влияние оледенения на основные характеристики речного стока на примере рек северного склона Джунгарского Алатау. / Материалы гляциологических исследований. – М.: Изд. ВИНТИ, Вып. 9, 1964.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 13. Центральный и Южный Казахстан. Выпуск 2. Бассейн озера Балхаш. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 645 с.
8. Северский И.В. Современные и прогнозные изменения снежности и оледенения зоны формирования стока и их возможное воздействие на водные ресурсы Центральной Азии. / Материалы регионального семинара по оценке снежно-ледовых ресурсов в Азии 28-30 ноября 2006 г.. – Алматы.: 2007. С. – 180-205.
9. Соседов И.С. Методика территориальных воднобалансовых обобщений в горах. – Алма-Ата: «Наука», 1976. – 149 с.
10. Токмагамбетов Г.А. Ледники Заилийского Алатау. Алма-Ата: Наука, 1976. – 368 с.
11. Черкасов П.А. Современное состояние ледников Или-Балхашского региона. // Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш. – Алматы: Кағанат, 2002. – С. 141-198.
12. Чехонадская В.А., Токмагамбетов Г.А., Щукина Т.А. Объем ледникового стока бассейна Или. // Режим ледников и снежных лавин Казахстана. – Алма-Ата: «Наука», 1979. – С. 110-120.

Казгидромет, г. Алматы

**СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ӨЗГЕРІСІ ЖӘНЕ СУ РЕЖИМІ
НӘТИЖЕСІНДЕ ОСЫ АЛАБЫНЫҢ ТАУЛЫ
МҰЗДАНУ ДАҒДАРЫСЫ**

Геогр. ғылымд. канд. В.В. Голубцов

Балқаш көлі алабындағы су ресурстар өзгерісін анықтау және су режимі нәтижесінде таулы мұздану дағдарысының әдісі жасалынды. Осы өзгерістерінде тұрақты мөлшерлі бағасы келтірілген. Ұсынылған әдісті біздің жер шарымыздағы басқа аймақтарда да қолдануға болады, яғни, мұздану дағдарысы байқалған кезде.