

УДК 551.524.34(574)

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ЛЕДНИКЕ ТУЮКСУ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОЛЕДЕНЕНИЕ**

Л.А. Ерисковская

*Рассматриваются среднемесячные климатические изменения основных метеорологических элементов за период 1972...2003 гг. Климат стал менее континентальный и более влажный. Растет высота снежного покрова, общая облачность; скорость ветра уменьшается. Создались благоприятные условия для увеличения оледенения. Предлагаются методы для наращивания мощности ледника.*

В настоящее время внимание ученых все более и более сосредотачивается на высокогорных районах, где формируется подавляющая часть стока рек, используемого в народном хозяйстве. Но еще больший научно-практический интерес проявляется к ледникам - одной из важнейших составляющих водного баланса, особенно во время засушливых периодов, когда ледники представляют по существу единственный источник питания рек в летние месяцы.

На одном из участков широтного простираения в Междуречье Большой Алматинки и Левого Талгара от осевого хребта в северном направлении отходит отрог Кумбель. Через несколько километров от него отчленяется Малоалматинский отрог, образуя в плане с отрогом Кумбель подковообразное горное обрамление, внутри которого раскинулся горноледниковый бассейн Туюксу с верховьями р. Малой Алматинки.

Выдвинутые далеко к северу отроги Кумбель и Малоалматинский стоят на пути влагонесущих масс, препятствуя проникновению их в верховья смещенных к югу бассейнов рек Большой Алматинки и Левого Талгара. Они способствуют перехвату определенной доли влаги, вследствие чего горноледниковый бассейн Туюксу получает самое большое количество атмосферных осадков, выпадающих на северном склоне хребта [3]. Этому способствуют, прежде всего, большие высоты Малоалматинского отрога, достигающие 4200...4400 м над уровнем моря и являющиеся после поднятия хребта в районе массива Талгар самыми значительными.

Горноледниковый бассейн Туюксу находится на северном склоне Заилийского Алатау - самого северного хребта Тянь-Шаня. Из общего протяжения в 280 км около 150 км главного водораздельного хребта имеют наибольшие высоты, благодаря которым в совокупности с орографией, ориентацией и рельефом создаются наиболее благоприятные условия для формирования и существования оледенения. Более подробная история исследования ледника Туюксу и современное описание его оледенения имеется в статье [2].

Являясь гляциогидрологическим объектом, ледники подвержены влиянию климатических колебаний, в особенности температуры воздуха и увлажнения, которые более всего воздействуют на ледники и определяют его внешний массоэнергообмен. В основном единственным источником питания ледников Заилийского Алатау являются атмосферные осадки. По исследованиям Г.А. Токмагамбетова наибольшее количество осадков выпадает на высоте 3450 м, где расположен ледник Туюксу, затем постепенно по мере возрастания высоты количество осадков уменьшается [7].

Более 40 % территории горноледникового бассейна Туюксу имеют наиболее оптимальные условия рельефа для отложения и накопления твердых атмосферных осадков, а также для достаточно длительного существования снежного покрова. Высокогорные районы Заилийского Алатау относятся к районам с избыточным увлажнением, особенно бассейн ледника Туюксу. В настоящее время влажность увеличивается. Как рассматривалось ранее, климат стал не только менее континентальным [1], но и более влажным. Высота снежного покрова за балансый год также возрастает (рис. 1). Как сказано в статье [2], наиболее важным фактором для ледников Средней Азии являются весенние осадки (рис. 2). Снежный покров и влажность воздуха возрастают, несмотря на то, что максимум осадков сместился на июнь. Так как максимальное количество осадков наблюдается в июне, то и относительная влажность, общая облачность в этом месяце наибольшие, а продолжительность солнечного сияния наименьшая. Продолжительность абляционного периода уменьшилась, что благоприятно для оледенения, так как льда стаять стало меньше. Наименьшая общая облачность наблюдается в сентябре месяце, поэтому и продолжительность солнечного сияния в этом месяце самая большая (табл.). Но абляции в сентябре уже нет, так как ледник покрыт снегом. Хотя снежный покров небольшой и среднемесячная температура еще положительная, но процесс таяния прекращается.

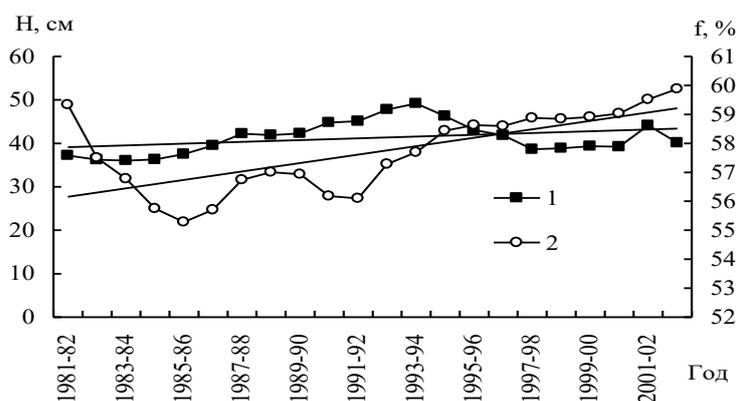


Рис. 1. Изменение скользящих среднемесячных значений относительной влажности и снежного покрова за балансовый год по 10-летиям на ст. Туюксу за период 1972...2003 гг.: 1 – высота снежного покрова и его линейный тренд; 2 - относительная влажность и ее линейный тренд.

Таблица

Средние месячные значения метеорологических элементов по станции Туюксу за период 1972...2003 гг.

Месяц	$T$ , °C	$T_{\max}$ , °C	$T_{\min}$ , °C	$A$ , °C	$W$ , мм	$f$ , %	$H$ , см	$Q$ , час	$O$ , бал	$V$ , м/с
Октябрь	-3,3	0,2	-6,9	7,1	60,6	54,9	16,7	165,8	3,9	1,7
Ноябрь	-8,3	-4,5	-12,0	7,5	43,4	53,0	33,1	108,6	4,4	1,9
Декабрь	-11,4	-7,9	-14,9	7,0	37,8	52,9	46,3	93,4	4,4	1,9
Январь	-13,5	-9,7	-17,1	7,7	25,7	51,4	53,3	107,3	4,6	1,8
Февраль	-13,1	-9,0	-16,2	7,7	25,2	54,4	53,3	129,7	4,7	1,7
Март	-9,6	-4,9	-13,6	8,7	47,7	57,0	64,8	160,2	5,3	1,6
Апрель	-4,1	0,9	-7,7	8,5	103,8	59,5	80,2	170,1	5,6	1,6
Май	-0,1	4,2	-3,9	8,1	148,6	66,0	67,2	165,0	5,9	1,4
Июнь	3,1	7,0	-0,3	7,3	164,8	68,8	30,2	152,8	6,2	1,5
Июль	5,7	9,1	2,4	6,7	155,5	66,0	1,2	183,1	5,5	1,4
Август	5,5	9,3	2,5	6,8	97,9	61,0	0,7	193,4	4,3	1,4
Сентябрь	2,0	5,7	-1,2	7,0	56,1	57,4	4,9	202,2	3,5	1,4
Σ за бал. год	-46,3	0,5	-88,8	90,1	964,6	702,2	451,9	1831,4	58,2	19,2
Ср. за бал. год	-3,9	0,0	-7,4	7,5	80,4	58,5	37,6	152,6	4,9	1,6

Примечания:  $T$  - температура,  $A$  - амплитуда максимальной и минимальной температуры,  $W$  - осадки,  $f$  - относительная влажность,  $H$  - высота снежного покрова,  $Q$  - продолжительность солнечного сияния,  $O$  - общая облачность,  $V$  - скорость ветра.

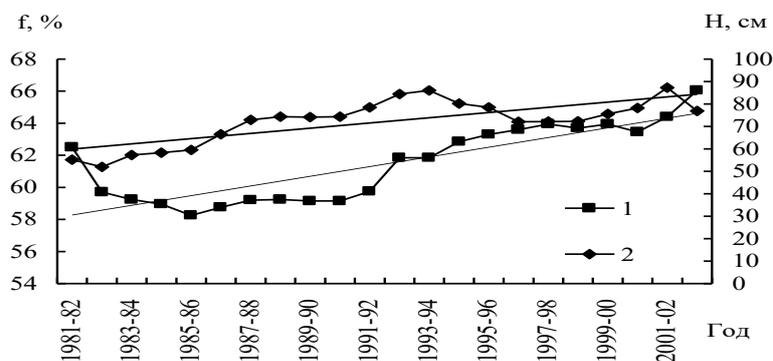


Рис. 2. Изменение скользящих среднемесячных значений за апрель-май месяцы по 10-летиям на ст. Туюксу за период 1972...2003 гг.: 1- снежный покров и его линейный тренд, 2-относительная влажность и ее линейный тренд.

По исследованиям Г.А. Токмагамбетова осадки в конце зимы дают основной прирост высоты и водности снежного покрова. По его наблюдениям вторая половина зимы является периодом наиболее обильного выпадения осадков и накопления снеготпасов для всего хребта Заилийского Алатау [7]. Но за период 1972...2003 гг. максимальное накопление снеготпасов приходится на весенние месяцы (апрель-май), а не на вторую половину зимы, особенно февраль, в котором отмечается минимум осадков (табл.). Значения максимальных температур наблюдаются в августе. Это самый теплый месяц на леднике Туюксу. Снежный покров в этом месяце - минимальный. Наибольшая амплитуда максимальных и минимальных температур отмечается в марте, так как в начале весны происходит частая и резкая смена холодной погоды на теплую и наоборот. Скорости ветра на леднике Туюксу небольшие, минимальные наблюдаются в теплом периоде года. Преобладающее направление ветра почти во все месяцы – юго-западное (ЮЗ). В настоящее время происходит уменьшение скорости ветра (рис. 3).

По исследованиям К.Г. Макаревича, Н.Н. Пальгова и других авторов средняя скорость ветра в первой половине 20-го столетия была больше 2 м/с, а за период 1972...2003 гг. она стала меньше 2 м/с (табл.). В теплый период скорость ветра также была меньше, чем в холодный [4]. В связи с уменьшением скорости ветра турбулентное перемешивание приземных слоев воздуха и испарение с ледника уменьшаются. Все это способствует увеличению влажности воздуха.

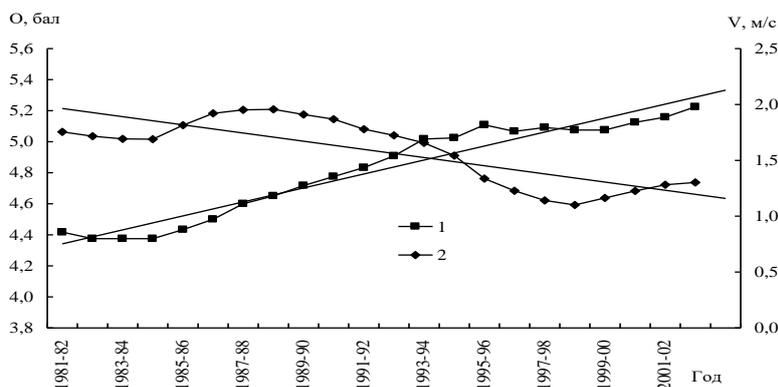


Рис. 3. Изменение скользящих среднемесячной скорости ветра и общей облачности за балансовый год по 10-летиям на ст. Туюксу за период 1972...2003 гг.: 1- общая облачность и ее линейный тренд, 2- скорость ветра и ее линейный тренд.

По высказываниям С.В. Калесника, на которого ссылается М.В. Тронов [8], для оледенения более благоприятен морской климат, чем континентальный, так как он богаче осадками. Тронов считает это положение правильным, за исключением особых случаев континентальных климатов вечного мороза, наблюдаемых в высокогорье. Так как в настоящее время количество осадков растет, увеличивается влажность, создаются благоприятные условия для роста оледенения.

По прогнозам акад. Н.Н. Пальгова, который писал в начале 50-х годов 20 столетия о леднике Туюксу, что с увеличением области питания создастся резкий перелом. На какой-то стадии увеличения своей мощности ледник получит импульс к более быстрому движению и тогда на стадии сокращения он будет способен перейти в стадию наступания даже при неизменившихся климатических условиях. Однако такие перемещения не будут характеризоваться большими масштабами. Ориентировочные расчеты показывают, что для Центрального Туюксуйского ледника высота его открытого конца должна составлять в таком случае не менее 3550 м над уровнем моря. В соответствии с существующей интенсивностью таяния ледниковый язык достигнет такого положения через 50...60 лет. В случае изменения климатических условий в благоприятную для ледника сторону современная стадия сокращения закончится раньше [5]. Этот период сейчас наступает. Несмотря на рост температуры и сокращение ледника, количество осадков, общая облачность увеличиваются; продолжительность

солнечного сияния уменьшается, растет влажность. Хорошо бы в этот период способствовать наибольшему накоплению осадков в высокогорной области. Предложения на этот счет обобщены в статье П.А. Черкасова [9]. Далее они изложены вкратце. В первой зоне - гляциальном бассейне ледника, объем, выпадающих осадков, можно увеличить двумя способами: искусственным усилением выпадающих осадков из облаков и усилением лавинного питания.

Эффект, получаемый от искусственного увеличения осадков в холодный и теплый периоды, для бассейна горно-ледниковой реки будет различным. В холодный период все выпавшие дополнительные осадки пойдут на увеличение снегозапасов, не изменяя режим ледникового стока, в теплый же период искусственные осадки будут выпадать в высокогорной зоне в твердом виде, а ниже - в жидком. Поэтому в области аккумуляции ледника они пойдут не только на увеличение питания, но и приведут к уменьшению абляции ледника в связи с увеличением альбедо их поверхности. В нижних зонах, где осадки выпадают в жидком виде, они дадут в теплый период увеличение речного стока.

Снежные лавины имеют довольно большое значение в питании ледников и для некоторых морфологических типов нередко являются основным источником. Искусственное усиление лавинных процессов в гляциальной зоне может дать ледникам довольно значительное дополнительное питание - около 20...30 % от общего накопления на ледниках.

В летнее время вполне реальным является снижение абляции (зависящей от количества тепла, поступающего на ледник в дневное время в виде прямой и рассеянной солнечной радиации) путем экранирования ледника плотной дымовой завесой при помощи шашек нейтрального белого дыма НДШ. Другой способ - закрытие языка ледника искусственно создаваемым мелкодисперсным водным экраном (туманом). Таким образом, комплекс целенаправленных активных воздействий на аккумуляцию и абляцию позволит увеличить естественный баланс массы ледника в 1,04...1,35 раза.

Ниже конца ледника, во второй зоне, увеличение объема аккумуляции может быть реализовано намораживанием льда в холодный период года, увеличивая тем самым его длину. Таким образом, суммарное увеличение аккумуляции за холодный период года за счет искусственного увеличения выпадения твердых осадков, усиления деятельности снежных лавин и намораживания льда составит не менее 50 % от общей годовой аккумуляции ледника.

В третьей зоне, охватывающей горную часть долины реки до замыкающего створа, большое значение будут иметь снежные массы, выносимые лавинами на дно долины. Конусы снежных лавин можно искусственно проморозить водой для повышения их плотности до 0,8...0,9 г/см<sup>3</sup>, а при многолетнем резервировании покрыть их теплоизоляцией. Общий объем воды, который можно накопить за холодный период за счет снежных лавин, составит от 5...10 % стока реки за этот период. Следует подчеркнуть, что именно теперь наступил тот момент, когда эти предложения могут быть реализованы с максимальным эффектом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерисковская Л.А. Влияние климатических изменений на оледенение в высокогорной области Заилйского Алатау на примере ледника Туюксу // Гидрометеорология и экология. - 2003. - № 4. – С. 31-34.
2. Ерисковская Л.А. Климатические изменения в высокогорной зоне Заилйского Алатау на примере ледника Туюксу // Гидрометеорология и экология. - 2003.- № 3. – С. 33 - 38.
3. Ледники Туюксу. / Макаревич К.Г., Вилесов Е.Н., Головкова Р.Г. и др. Гидрометеиздат. 1984. – 170 с.
4. Оледенение Заилйского Алатау / Макаревич К.Г., Пальгов Н.Н., Токмагамбетов Г.А. и др. М.: 1969. – 287 с.
5. Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилйском Алатау. - Алма-Ата. 1958. 202 с.
6. Судаков П.А., Зенкова В.А., Шабанов П.Ф. Режим осадков теплого периода и их роль в абляции ледников Заилйского Алатау // Успехи советской гляциологии. - Материалы третьего всесоюзного гляциологического симпозиума. - Фрунзе. 1968. – С. 139-143.
7. Токмагамбетов Г.А. Ледники Заилйского Алатау. Алма-Ата, 1976.- 387 с.
8. Тронов М.В. Вопросы связи между климатом и оледенением. - Томск, 1956. 202 с.
9. Черкасов П.А. Природный режим эволюции массы горных ледников Казахстана и возможности управлять им в период устойчивой деградации // Гидрометеорология и экология. - 2001. – № 3-4. – С. 80-96.

Институт географии

## **ТҰЙЫҚСУ МҰЗДЫҒЫНДАҒЫ СОҢҒЫ ЖЫЛДАРДА МҰЗБАСУҒА ӘСЕР ЕТУШІ МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАР**

Л.А. Ерисковская

*1972...2003 жж. кезеңіндегі негізгі метеорологиялық элементтердің орташа айлық климаттық өзгерістері қарастырылған. Климаттың континенттілігі бәсеңдеп, ылғалдылығы артқан. Қар жамылғысының қалыңдығы мен жалпы бұлттылық өскен және желдің жылдамдығы азайған. Мұзбасуды ұлғайтатын қолайлы жағдай қалыптасқан. Мұздықтың қуатын арттыратын әдіс ұсынылған.*