

Оледенение северных склонов Туркестанского и Алайского хребтов и его современная динамика

© 2012 г. Р.А. Усубалиев¹, А.С. Дудашвили¹, О.И. Элеманов²

¹Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли, Бишкек;

²Институт водных проблем и гидроэнергетики Национальной Академии наук Киргизской Республики, Бишкек
ryskul_kgz@mail.ru

Статья принята к печати 16 сентября 2011 г.

Векторные слои, горные обрамления, деградация ледников, дешифрирование, изменения климата, ледниковые системы. Climate change, digitization, glacier changes, glacier systems, mountain enclosure, vector layers.

Рассматриваются особенности развития оледенения северных склонов Туркестанского и Алайского хребтов в условиях современного изменения климата. В высокогорных зонах этих хребтов с середины XX до начала XXI в. отмечается тенденция к повышению температуры воздуха и росту количества атмосферных осадков. Температура воздуха повышается здесь интенсивнее, чем во Внутреннем Тянь-Шане, поэтому и темпы деградации ледников в этом районе выше. За 1965–2000 гг. площади ледников пяти речных бассейнов сократились здесь более чем на 20%. В результате распада ледников общее их число увеличилось. Небольшие ледники, расположенные на относительно низких гипсометрических уровнях, исчезли совсем.

Характеристика района исследований

Туркестанский и Алайский хребты начинаются на юго-востоке Ферганской долины и протягиваются в западном направлении от горного узла, где сходятся Ферганский хребет и хр. Какшаал-Тоо. Алайский хребет тянется до горного узла Матча более чем на 350 км. Западнее горного узла Матча Алайский хребет сменяется Туркестанским протяжённостью более 320 км. Вместе с Алайским хребтом они образуют северную ветвь Гиссаро-Алая, условная граница которой проходит по долине р. Сох. На северных склонах хребтов широко развиты передовые хребты, среди которых прежде всего выделяется хр. Кичик-Алай.

Туркестанский и Алайский хребты относятся к главным и поднимаются до высоты более 5000 м. Протяжённость хр. Кичик-Алай – около 100 км; он служит водоразделом рек Ак-Буура, Араван и Исфайрамсай. По высоте он не уступает главным хребтам, а местами даже выше их. Значительно приподняты также хребты-отроги – Коллекторский, Туюксу, Актур и др.

В исследуемом нами районе (бассейны рек Ак-Буура и Араван) оледенение, имеющее значительные размеры, развито в пределах хребтов Алайского и Кичик-Алай. Основные площади оледенения сосредоточены на северных склонах хребтов, но в целом оледенение района имеет рассредоточенный характер. Несмотря на близость и относительную доступность ледниковых систем горных обрамлений Ферганской долины, широкомасштабные гляциологические исследования здесь не

велись, а те, что проводились, были эпизодическими. В настоящее время использование космических снимков позволяет решить важные для гляциологии задачи: определить линейные и площадные изменения отдельно взятых ледников, а также масштабы деградации ледниковых систем в целом.

Современное оледенение гор умеренного пояса контролируется сложным сочетанием климатических, орографических и геоморфологических факторов [5]. Оледенение хребтов, обрамляющих Ферганскую долину, значительно слабее, чем других районов Тянь-Шаня и Памиро-Алая. В основном ледники сосредоточены в хребтах южного обрамления – Туркестанском и Алайском. На развитие и существование здесь оледенения значительно влияют гипсометрия, расчленённость горных хребтов, экспозиция склонов и др. Так, северные склоны Туркестанского и Алайского хребтов достаточно хорошо расчленены, что немаловажно для ледников. Здесь широко развиты передовые хребты, хребты-отроги и различные формы рельефа, с которыми непосредственно связаны ледники. Важный фактор существования оледенения – глубина вреза ледникового вместилища [6]. На развитие оледенения сильно влияет и экспозиция склонов. Однако для восточной части северного склона Алайского хребта коэффициент корреляции между средним размером ледника и его высшей точкой незначителен и равен 0,61. Очевидно, что здесь на развитие оледенения влияют другие факторы и в первую очередь – общая ориентация макросклона хребта. Именно этот фактор

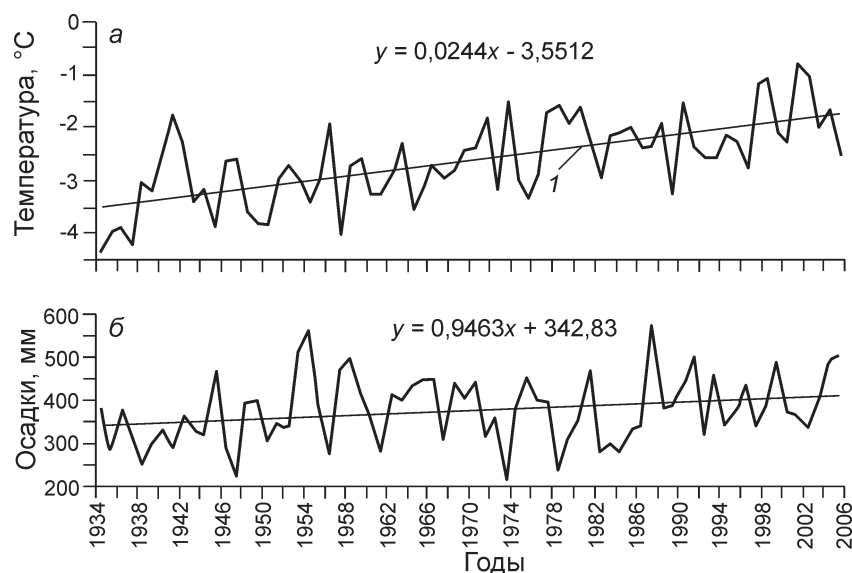


Рис. 1. Временной ход среднегодовой температуры воздуха (а) и количества осадков (б) на ГМС Сары-Таш.
 / – линейный тренд

Fig. 1. Time dependence of an annual average air temperature (a) and amount of precipitations (b) in HMS Sary-Tash.
 / – linear trend

определяет не только масштабы и характер распределения ледников, но и само их существование на склонах хребтов с северной экспозицией – Алайского и Туркестанского, обрамляющих Ферганскую долину с юга. По данным Каталогов, составленных на основе аэрофотосъёмки 1957–1967 гг. [3, 4], в речных бассейнах северных склонов Туркестанского и Алайского хребтов сосредоточено 1066 ледников размерами 0,1 км² и более, общая площадь которых составляет 869,8 км².

Известно, что ледники – продукт климата, поэтому их изменения обусловлены колебаниями климата. С середины 1970-х годов в результате глобального потепления в горах Центральной Азии ледники интенсивно сокращаются. При современном климате оледенение может существовать только на хребтах высотой более 4100 м [2]. В настоящее время в пределах большей части нивально-гляциальных зон юго-западного Тянь-Шаня сезонная снеговая линия оказалась выше гребней хребтов. Не составляют исключение также некоторые низкие хребты и горные отроги северных склонов Туркестанского и Алайского хребтов. Визуальные обследования в отдельных речных бассейнах горных обрамлений Ферганской долины, выполненные в последние годы, подтверждают вывод об устойчивом отступании ледников, сокращении площадей льда и фирна, распаде ледников и исчезновении некоторых из них. Главная причина – особенности реакции ледниковых систем на современные изменения климата, обусловленные региональными

ми природно-климатическими условиями горных обрамлений Ферганской долины.

С 1935 по 2005 г. температура приземного слоя атмосферного воздуха в высокогорной зоне увеличилась на 1,7 °С (ГМС Сары-Таш, $H = 3155$ м) (рис. 1, а). Это больше, чем в высокогорных районах Внутреннего Тянь-Шаня. Так, в среднегорной зоне Внутреннего Тянь-Шаня за 105 лет (1894–1999 гг.) многолетняя среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,05 °С (ГМС Нарын, $H = 2040$ м), а в высокогорной зоне за 56 лет (1941–1997 гг.) – на 0,63 °С (ГМС Тянь-Шань, $H = 3614$ м). С атмосферными осадками картина иная. Высокогорная зона Алайского хребта отличается повышенным увлажнением. Здесь с 1935 по 2005 г. среднегодовая сумма осадков выросла на 66,2 мм (см. рис. 1, б). Аналогичная картина в среднегорной зоне Тянь-Шаня (35,4 мм). В высокогорной же зоне Внутреннего Тянь-Шаня, наоборот, многолетние годовые суммы осадков снизились на 24,5 мм. Однако, несмотря на это, масштабы сокращения оледенения в исследованных нами районах более значительны по сравнению даже с близлежащими ледниковыми системами гор Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Возможно, это обусловлено увеличением температуры воздуха.

Методика и результаты исследований

Современная динамика и эволюция оледенения исследовались авторами на примере ледниковых систем двух речных бассейнов Алайского хребта – Араван и Ак-Буура. Результаты, полу-

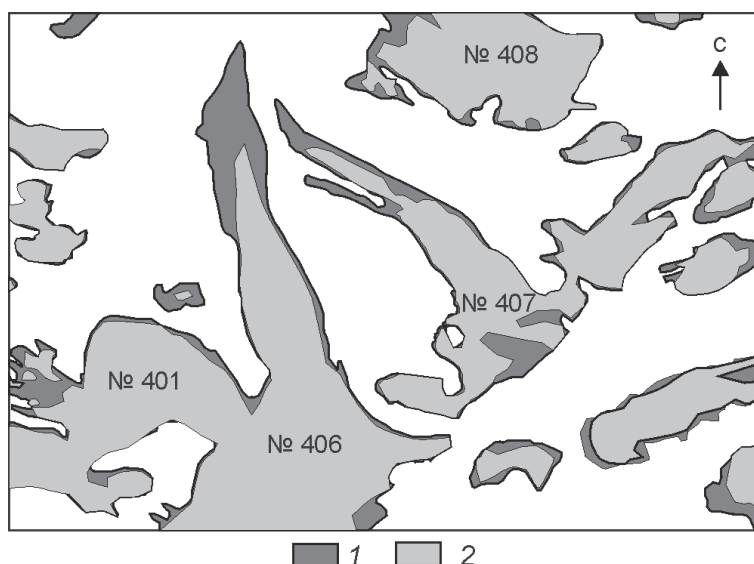


Рис. 2. Результаты дешифрирования топографических карт (1) и космоснимков (2).

Номера ледников даны в соответствии с [4]

Fig. 2. Results of topographic map decoding (1) and space images (2).

Numbers of glaciers are given by [4]

Таблица 1. Характеристика числа ледников и площадей оледенения в бассейнах рек Ак-Буура и Араван по данным исследований авторов

Показатели	Значения параметров		Изменение значений параметров	
	по топографической карте масштаба 1:25 000, 1965 г.	по космическому снимку, 2000 г.		
Число ледников	265	311	+46	
Площадь полигона (ледника) в векторном слое, км ² :				
	максимальная	13,25	8,26	-4,99
	суммарная	174,17	123,5	-50,66
средняя	0,66	0,40	-0,26	

ченые при дешифрировании многозональных космических снимков (Landsat, 2000 г.), сравнивались с данными топографических карт масштаба 1:25 000 съёмки 1965 г. Разрешение снимков – 30 м. Они были предоставлены сотрудниками Центра исследований Земли (GFZ) в Потсдаме, Германия.

При дешифрировании космоснимков установлены и оцифрованы контуры открытой поверхности ледников и сформирован векторный слой. Для ретроспективного анализа аналогичный слой был создан путём оцифровки открытой поверхности ледников на топографических картах масштаба 1965 г. Оба векторных слоя создавались в системе координат WGS 84. Точность дешифрирования площади по космоснимкам и топокартам составляла около 90%. Подготовка слоёв и вычисление геометрических параметров выполнены в

программе ArcGIS (слои и космоснимок с топокартой) (рис. 2). Анализ векторных слоёв и вычисленных геометрических параметров позволил получить результаты, приведённые в табл. 1.

За 35 лет (с 1965 по 2000 г.) площадь открытой части ледников, расположенных в бассейне р. Ак-Буура и частично в бассейне р. Араван, сократилась на 50,66 км², что составляет 29,1%. В 2000 г. по сравнению с 1965 г. число ледников увеличилось на 46 в результате дробления больших ледников на несколько маленьких. Некоторые мелкие ледники исчезли полностью.

Аналогичные работы [1] выполнены и для других ледниковых систем речных бассейнов северных склонов Туркестанского и Алайского хребтов (табл. 2). Здесь также с 1957 по 1980 г. увеличилось число малых ледников за счёт распада (разделения) ледников среднего размера. Для периода 1980–

Таблица 2. Площадь ледников и среднегодовые темпы деградации оледенения ряда бассейнов рек северных склонов Туркестанского и Алайского хребтов, по [1]

Бассейн реки	Площадь оледенения, км ²			Сокращение площади, %	Среднегодовые темпы деградации оледенения, %	
	1957 г.	1980 г.	2001 г.		1957–1980 гг.	1980–2001 гг.
Шахимардан	39,46	30,14	28,19	28,6	1,03	0,31
Сох	246,26	214,63	198,25	19,5	0,56	0,36
Исфара	129,74	125,05	120,99	6,8	0,16	0,15
Всего	415,46	369,82	347,43	18,3	0,58	0,27

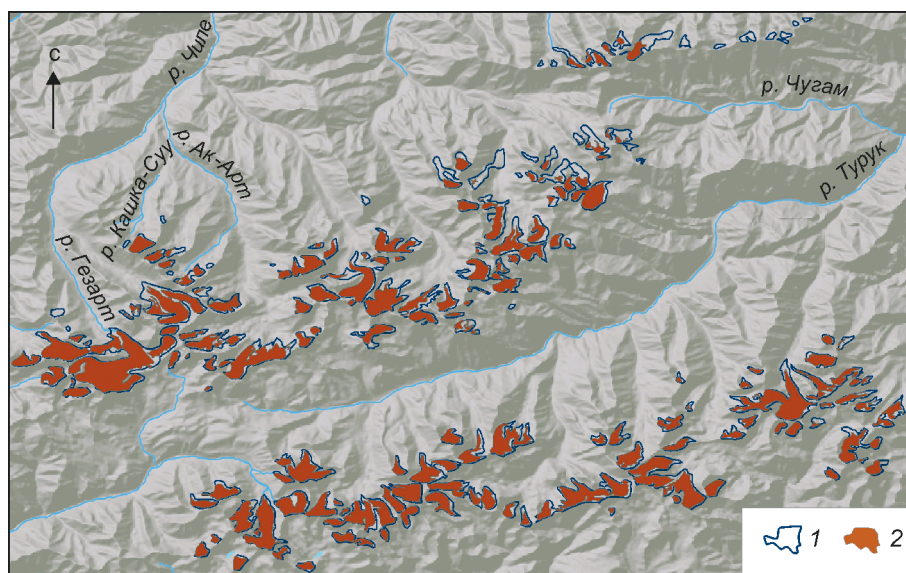


Рис. 3. Характер деградации ледниковых систем в бассейнах рек Ак-Буура и Араван (Алайский хребет): 1 – 1965 г.; 2 – 2000 г.

Fig. 3. Nature of the glacier system degradation in the Ak-Buura and Aravan (Alay ridge) river basins: 1 – 1965 г.; 2 – 2000 г.

2001 г. характерно уменьшение общего числа ледников в результате стаивания малых ледников. С 1957 по 1980 г. значительнее всего сокращались площади ледников размером 2–5 км²; в то время как площади ледников менее 2 км² изменились незначительно. За 45 лет в трёх речных бассейнах площади ледников северного склона Туркестанского и Алайского хребтов сократились на 18,3% (это примерно в 1,5 раза меньше значений, полученных авторами за 35 лет).

Отметим, однако, что сокращение площади открытой части ледников не означает сокращение общей их площади, которая включает в себя и площадь льда под моренным покровом. Безусловно, покрытая моренными отложениями языковая и боковые части ледников потеряли лишь свою массу в результате сокращения толщины льда. А площадь, занимаемая многолетними льдами под моренными отложениями, сократилась незначительно (рис. 3).

Необходимость оцифровки именно открытой части ледников, исключая площади, покрытые моренными отложениями, вызвана тем, что распознать контуры языковых частей ледников, находящихся под мореной, и на топографической карте, и на космических снимках Landsat весьма сложно. Для этого нужно иметь материалы радарной космосъёмки, которых у авторов не было. Поэтому ретроспективный анализ ледникового покрова Алайского хребта мы провели путём сравнения открытых частей ледников, уменьшение площади которых свидетельствует об их интенсивной абляции. Механизм сокращения площади открытой части ледника заключается в том, что при уменьшении мощности ледника его поверхность опускается ниже гребня боковых морен до 10 м и более. Склоны боковых морен, обращённые к леднику, сохраняют значительную крутизну и подвергаются эрозии. Кроме того, обнажается и внутренняя морена ледника за счёт сокращения открытой по-

верхности. Мощность ледников здесь сравнительно невелика и обычно не превышает нескольких десятков метров, поэтому в процессе деградации единая поверхность некоторых ледников распалась на несколько частей.

Выводы

Туркестанский и Алайский хребты по масштабу оледенения отличаются от других хребтов горного обрамления Ферганской долины. Существование оледенения здесь в значительной степени обусловлено гипсометрией, расчленённостью горных хребтов и северной экспозицией склонов. В условиях современного потепления приземного слоя атмосферного воздуха в высокогорной зоне исследуемого района температура воздуха повышается более интенсивно, чем в районах Внутреннего Тянь-Шаня. В то же время отмечается рост среднегодовых сумм осадков. Однако, несмотря на это, деградация ледников происходит здесь более интенсивно по сравнению с другими ледниковыми районами Центральной Азии.

Максимально сократились площади долинных ледников, минимально — склоновых. С 1965 по 2000 г. число ледников увеличилось за счёт разделения более крупных ледников на мелкие; некоторые малые ледники исчезли совсем. В целом, с 1957–1967 по 2000 г. площадь ледников северного склона Туркестанского и Алайского хребтов в рассматриваемых бассейнах сократилась на 21%.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность научному сотруднику Центрально-Азиатского института прикладных исследований Земли М.М. Жантаеву за консультацию по применению ГИС-технологий, а также Г.Б. Осиповой, помогавшей в подготовке статьи к печати.

Литература

1. Батыров Р.С., Яковлев А.В. Мониторинг горных ледников некоторых районов Гиссаро-Алая с использованием космических снимков ASTER TERRA // Гляциология горных областей: Тр. НИГМИ. Вып. 3 (248). Ташкент, 2004. С. 22–27.
2. Диких А.Н. Основные особенности условий существования современного оледенения Тянь-Шаня // Оледенение Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1976. С. 3–14.
3. Каталог ледников СССР: Т. 14. Средняя Азия. Вып. 1. Сырдарья. Ч. 8. Бассейн р. Карадарьи. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 78 с.
4. Каталог ледников СССР: Т. 14. Средняя Азия. Вып. 1. Сырдарья. Ч. 9. Бассейны левых притоков р. Сырдарьи от устья р. Карадарьи до устья р. Аксу. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 67 с.
5. Тронов М.В. Ледники и климат. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 406 с.
6. Усубалиев Р.А. Роль рельефа и орографии в интенсивности развития современного оледенения Тянь-Шаня // Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып. 2. Бишкек: изд. Кыргызско-Российского Славянского ун-та, 2002. С. 44–51.

Summary

Special features of development and existence of present-day glaciation of the Turkistan and Alay ridges are being examined in current climate change. It is found that the main climate elements — air temperature and atmospheric precipitations tend to rise in the highland zones of these ridges. Though, an air temperature rose more intensively than in Inner Tien-Shan, and glacier degradation rates are more intensive here. For 33–43 years, the glaciers of five river basins reduced in its area extent for more than 20%. An increase of a number of glaciers is characteristically under classification of more large ones. Small glaciers sited rather in low hypsometrical levels, are quite disappeared.