

В. П. Галахов, С. Ю. Самойлова, А. А. Шевченко, Р. Т. Шереметов
Скорость изменения объема ледника Малый Актру
(Алтай) за период инструментальных наблюдений*

V.P. Galakhov, S.Yu. Samoilova, A.A. Shevchenko, R.T. Sheremetov
The Rate of Volume Change in the Glacier Maly Aktru (Altai)
for the Period of Instrumental Observations

На основе материалов экспериментальных наблюдений за составляющими ледового баланса и поверхностью ледника Малый Актру (Юго-Восточный Алтай) оценено изменение объема ледника с 1952 по 2012 г.

Ключевые слова: Малый Актру, объем ледника, скорость изменения ледового баланса.

DOI 10.14258/izvasu(2013)3.2-31

Введение. Наиболее объективно колебания современных ледников можно изучить, оценивая изменение их объема [1]. Однако это достаточно сложная задача, поэтому, как правило, колебания ледников оцениваются по отступанию их языков. К сожалению, на интенсивность отступания языков ледников, кроме изменений ледового баланса, значительно влияет скорость реакции ледника. А она составляет несколько десятилетий. Например, для ледника Малый Актру скорость реакции оценена в 40–50 лет [2]. На основе инструментальных наблюдений за ледниками бассейна Актру в период Международного гидрологического десятилетия (МГД), дальнейшего продолжения МГД — Международной гидрологической программы (МГП) и Программы наблюдений за колебаниями ледников сделана попытка рассмотреть скорость изменения объема ледника Малый Актру и его реакции на колебания средней летней температуры в высокогорье Алтая за период с 1952 по 2012 г.

Экспериментальный материал. Впервые с помощью радиолокационного зондирования объемы ледников бассейна Актру были оценены за период исследований МГД С. А. Никитиным [3].

Однако радиолокационная аппаратура была несовершенна, не приспособлена к прохождению труднодоступных участков, точность определения толщины в точке зондирования составляла ± 5 м. В дальнейшем, по мере разработки портативной аппаратуры и уменьшения ошибки определения толщины ледника в точке, ледники бассейна Актру были исследованы повторно с топографической привязкой профилей

Based on experimental observations of the ice balance components and the surface of glacier Maly Aktru (Southeast Altai), the change in its volume from 1952 to 2012 was estimated.

Key words: Maly Aktru, glacier's volume, rate of change in ice balance.

зондирования и с большим покрытием профилями площади ледников [4]. Эти материалы приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1

Материалы радиолокационного зондирования ледника Малый Актру

Период зондирования, годы	Площадь ледника, км ²	Объем ледника, км ³
1979–1982	2,85	0,264
1995–1996	2,84	0,245

Наиболее старые мелкомасштабные карты (1:25 000) бассейна Актру датированы 1961 г. Они построены на основе топографической привязки аэрофотосъемки, проводившейся с 1952 г. В 1978 г. Р. М. Мухаметовым совместно с сотрудниками МГУ была выполнена фототеодолитная съемка ледника Малый Актру. Обработка материалов фототеодолитной съемки проводилась в МГУ под руководством Ю. Ф. Книжникова. Материалы аэрофотосъемки и фототеодолитной съемки позволили Р. М. Мухаметову построить карту изменения поверхности ледников Малый Актру и Купол с 1952 по 1978 г. [5]. Собственно, сама карта поверхности ледника Малый Актру на 1978 г. приводится в Атласе снежно-ледовых ресурсов мира [6]. Повторная фототеодолитная съемка ледников Малый Актру и Купол была выполнена Р. М. Мухаметовым в 1983 г. [7], еще одна съемка ледника Малый Актру — в 1990 г.

* Работа выполнена в рамках Программы Президиума РАН «Комплексный мониторинг современных климатических и экосистемных изменений в Сибири».

Эта карта опубликована после его смерти в приложении к монографии В. П. Галахова, А. Н. Назарова и Н. Ф. Харламовой [2]. В 2012 г. сотрудниками Института водных и экологических проблем СО РАН сделана попытка космической стереоскопической съемки ледников бассейна Актру. Однако наличие облачности над языком ледника не позволяет, по крайней мере в настоящее время, достоверно оценить изменение поверхности за 1990–2012 гг. на основе топографических наблюдений.

Обсуждение результатов. Прежде чем переходить к обсуждению результатов, изучим вопрос перевода изменения объема ледника Малый Актру в результирующую баланса. Ледниковый коэффициент (отношение площади фирнового бассейна к площади языка) ледника Малый Актру до 1996 г. в среднем составляет 1,5. Изменение вещества в леднике за периоды наблюдений происходит на языке ледника (плотность глетчерного льда на основе измерений равна

0,9 г/см³). Плотность сезонного снега к концу периода абляции в фирновом бассейне также на основе измерений можно принять равной 0,45–0,50 г/см³ [3]. Кроме сезонного снега изменение высоты, поверхности ледника может происходить вследствие уплотнения фирна постепенного перехода его в молодой лед (плотность 0,7 г/см³) и собственно таяния самого фирна в годы с отрицательным балансом ледника. С учетом всего сказанного для перевода изменения объема ледника Малый Актру в изменение ледового баланса был принят коэффициент, равный 0,8 (среднее с учетом площади языка ледника и фирнового бассейна, а также таяния собственно фирна, плотность которого существенно выше плотности сезонного снега [3]). Материалы инструментальных наблюдений позволили выделить периоды топографических съемок (опубликованные карты) и оценить за эти периоды изменение объемов вещества в леднике Малый Актру (табл. 2).

Таблица 2

Изменение объема ледника Малый Актру за периоды опубликованных топографических съемок

Период наблюдений, годы	Первоисточник	Изменение толщины ледника, м	Изменение объема, км ³
1952–1978	Галахов, Мухаметов, 1999	+ 3,21	+0,009
1978–1983	Мухаметов, 1997 Арефьев, Мухаметов, 1996	–0,53	–0,0015
1978–1990	Мухаметов, 1997, съемка Р.М. Мухаметова в 1990	+0,90	+0,0026

Кроме материалов топографических съемок поверхности ледника Малый Актру, имеются данные о его ежегодном ледовом балансе за период МГД [3] и части МГП (1981–1986 гг. [8]). Составляющие ледового баланса ледника Малый Актру за период с 1962 по 1999 г. можно найти также в статье Ю. К. Нарожного [9]. Сравнение величин ледовых балансов, по расчетам В. П. Галахова

и Ю. К. Нарожного, показало их полную идентичность. С учетом всех имеющихся материалов попытаемся определить скорость изменения ледового баланса ледника Малый Актру в зависимости от средней летней температуры в ледниковой зоне Алтая. В качестве последней использованы наблюдения по ГМС Каратюрк (Н = 2600 м) с 1940 по 2012 г. (табл. 3).

Таблица 3

Скорость изменения ледового баланса ледника Малый Актру за период инструментальных наблюдений

Период наблюдений, годы	Средняя летняя температура по ГМС Каратюрк (2600 м), °С	Скорость изменения ледового баланса, г/см ² в год	Материалы
1952–1978	5,51	+9,9	Топосъемка
1978–1983	5,94	–14,2	Наблюдения за ледовым балансом
1978–1983	5,94	–8,5	Топосъемка
1973–1986	5,68	–1,3	Наблюдения за ледовым балансом
1961–1978	5,68	–6,8	Наблюдения за ледовым балансом
1978–1990	5,51	+7,9	Наблюдения за ледовым балансом
1978–1990	5,51	+6,0	Топосъемка
1990–1996	5,85	–9,4	Наблюдения за ледовым балансом

Полученные материалы по изменению поверхности ледника Малый Актру с 1952 по 1990 г. и материалы расчетов В. П. Галахова и Ю. К. Нарожного за составляющими ледового баланса ледника позволяют оценить влияние термического режима на скорость изменения ледового баланса ледника Малый Актру (рис. 1).

Заключение. Материалы экспериментальных наблюдений за ледовым балансом и поверхностью лед-

ника Малый Актру позволили оценить изменение толщины и объема льда в леднике за период с 1952 по 1996 г. За период инструментальных наблюдений, несмотря на то, что язык ледника весь этот период отступал, объем ледника увеличился почти на 4%, а средняя толщина — на 3,5 м. Материалы по ГМС Каратюрек показали, что с 1997 по 2012 г. средняя летняя температура увеличилась почти на градус по сравнению с предшествующим периодом (рис. 2).

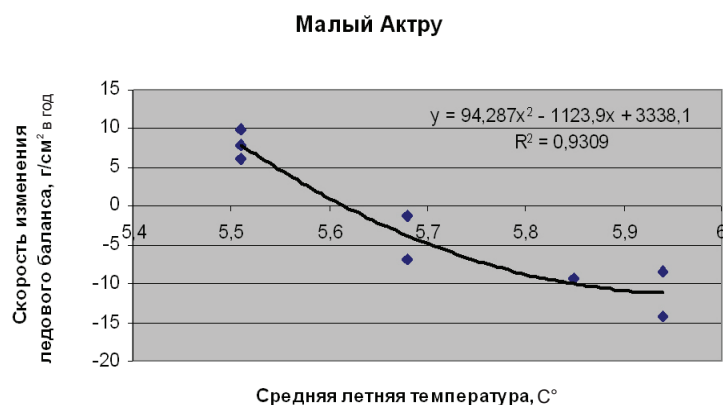


Рис. 1. Зависимость скорости изменения ледового баланса ледника Малый Актру от средней летней температуры на ГМС Каратюрек (2600 м)

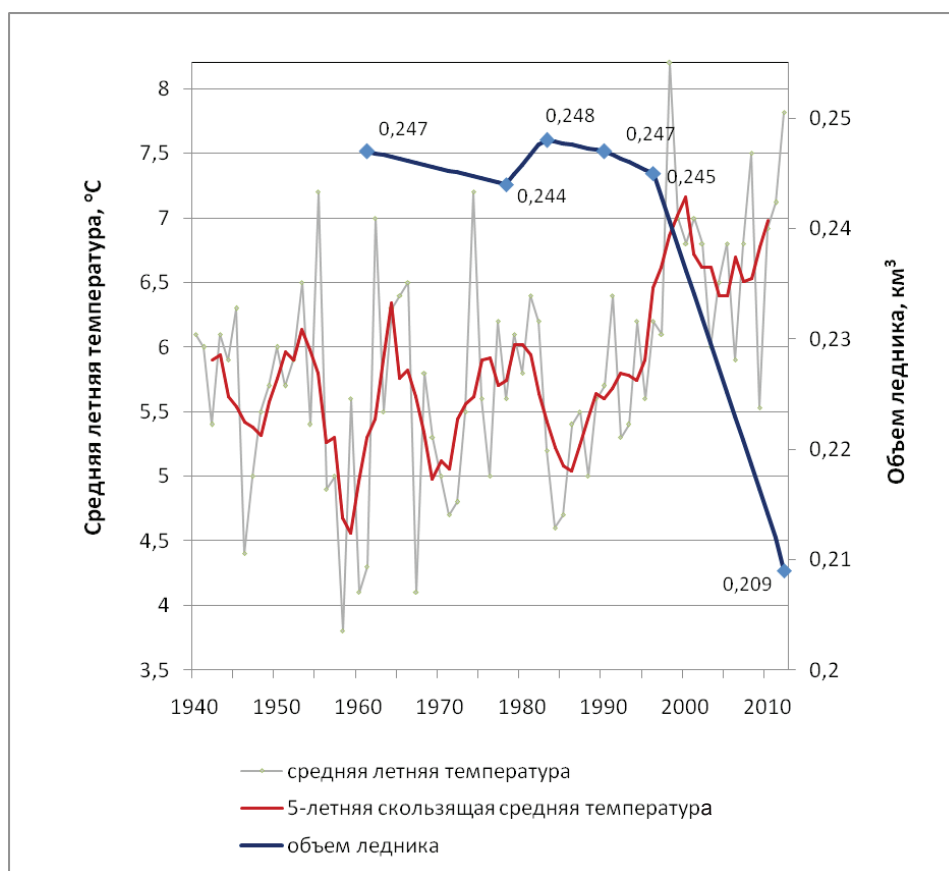


Рис. 2. Динамика средней летней температуры по ГМС Каратюрек и объема ледника Малый Актру с 1961 по 2012 г.

Средняя летняя температура по ГМС Каратюрек за период 1993–2012 гг. составляет 6,67 °С. Таким образом, с 1993 по 2012 г. ледник Малый Актру

должен потерять в толщине около 13 м, а в объеме — 0,038 км³, или около 15% от радиолокационной съемки 1996 г.

Библиографический список

1. Hagedorn H. Eiszeit, Klimaänderung und Menschenheit. // *Akademia Aktuell*. 2004 02 Dezember.
2. Галахов В.П., Назаров А.Н., Харламова Н.Ф. Колесования ледников и изменений климата в позднем голоцене по материалам исследований ледников и ледниковых отложений бассейна Актру (Центральный Алтай, Северо-Чуйский хребет). — Барнаул, 2005.
3. Галахов В.П., Нарожнев Ю.К., Никитин С.А. и др. Ледники Актру (Алтай). — Л., 1987.
4. Никитин С.А., Веснин А.В., Осипов А.В., Игловская Н.В. Радиофизические исследования ледников Алтая // *Вопросы географии Сибири*. — Томск, 1997. — № 22.
5. Галахов В.П., Мухаметов Р.М. Ледники Алтая. — Новосибирск, 1999.
6. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира / под ред. В.М. Котлякова ; Российская академия наук, Ин-т географии РАН. — М., 1997.
7. Арефьев В.Е., Мухаметов Р.М. На ледниках Алтая и Саян. — Барнаул, 1996.
8. Галахов В.П. Имитационное моделирование как метод гляциологических реконструкций горного оледенения. — Новосибирск, 2001.
9. Нарожный Ю.К. Ресурсная оценка и тенденции изменения ледников в бассейне Актру (Алтай) за последние полтора столетия // *Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения*. — М., 2001. — Вып. 90.