УДК 551.32

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ОСАДКОВ КАК ФАКТОР КОЛЕБАНИЙ ОБЪЕМА ЛЕДНИКОВ АЛТАЯ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕДНИКА МАЛЫЙ АКТРУ)

В.П. Галахов[1-2], Е.В. Мардасова[1], В.С. Сидорова[1], А.А. Шевченко[1]
[1]*Алтайский государственный университет, Барнаул*
[2]*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, E-mail: galahov@iwep.ru*

На основе экспериментальных исследований изменения объема ледника Малый Актру получена зависимость скорости потерь вещества от средней летней температуры на метеостанции Каратюрек. Используя динамику средней летней температуры метеостаций Каратюрек и Барнаул, показано изменение объема ледника Малый Актру с 1900 по 2008 гг. Объем ледника в конце Малого ледникового периода (1840-1850) определен по боковым моренам языка ледника.

Ключевые слова: ледник Малый Актру, изменение объема, Малый ледниковый период.

Дата поступления 25.12.2016

Ледники являются надежными природными объектами, характеризующие климатические изменения [1]. Как правило, их используют для оценки расходной составляющей ледового баланса или абляции. Считается, что средняя летняя температура (по данным ближайшей или расположенной в ледниковой зоне ГМС) является надежным индикатором потерь вещества в среднем для всего ледника [2]. Оценка изменений термического режима летнего периода проводится по дендрохронологическим рядам, поскольку непосредственные наблюдения за температурой воздуха весьма не продолжительны. Например, наблюдения на метеостанции Каратюрек (абсолютная высота 2600 м, расположена примерно 100 км восточнее бассейна Актру) начаты в 1940 г. Единственной длиннорядной метеостанцией на юге Западной Сибири является метеостанция Барнаул. Инструментальные наблюдения на ней начаты в 1838 г. На основе этой длиннорядной метеостанции сделана попытка показать влияние метеорологических факторов на ледник Малый Актру.

Экспериментальные наблюдения

Ледник Малый Актру залегает на северном склоне горного узла Биш-Иирду (Центральный Алтай) в бассейне Актру. Его площадь в соответствии с «Каталогом ледников» [3] составляет 3,8 км^2, длина – 4,4 км, высота фирновой границы – 3070 м. Язык ледника зоморенен, открытая часть составляет 4,3 км^2.

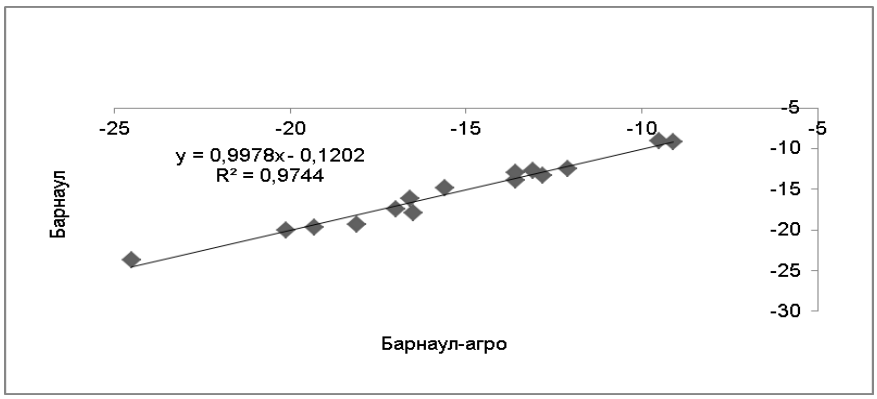
В 1972 г. на левом берегу реки Актру в районе бывшего альплагеря была открыта гидрометеорологическая станция, которая проработала до 1994 г. В течение Международного геофизического года (1957-1959) круглогодичные метеорологические наблюдения в бассейне проводились гляциологами Томского госуниверситета. В дальнейшем до 1972 г. они велись лишь в летний сезон. В Международное гидрологическое десятилетие (МГД, 1966-1976 гг.) на леднике Малый Актру гляциологической экспедицией (под руководством М.В. Тронова) проводились подробные наблюдения за метеорологическими элементами, снегонакоплением, абляцией. Они были продолжены во время реализации Международной гидрологиче-

ской программы (МГП, с 1977 г.) [4]. В 1995 г. под руководством С.А. Никитина была выполнена подробная радиолокационная съемка толщин ледников всего бассейна Актру [5].

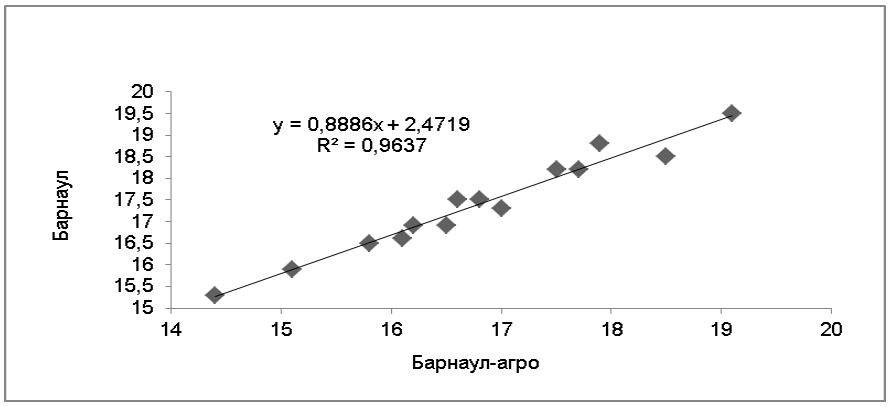
Материалы длиннорядной метеорологической станции Барнаул

На территории Алтайского края и Республики Алтай наиболее длиннорядной является метеостанция Барнаул. В период с 1838 по август 1964 гг. она находилась в черте города, затем была закрыта. С 1950 г. работает метеостанция Барнаул-агро, которая расположена в Научном городке: 20 км на з-с-з от прежнего местоположения. Материалы наблюдений за термическим режимом по метеостанциям Барнаул и Барнаул-агро опубликованы в Климатических справочниках СССР [6-8, электронный сайт meteo.ru].

Корреляционный анализ термического режима этих метеостанций позволил выявить, что начиная с 1941 г. наблюдается значительное отепляющее воздействие Барнаула. Поскольку до 1941 г. этого эффекта от города не наблюдалось, принято, что с 1838 по 1940 гг. для данных метеостанции Барнаул необходимо вводить соответствующую поправку. С 1950 по 2001 гг. использованы материалы метеостанции Барнаул-агро. Период с 1941 по 1949 гг. требует учета отепляющего действия городских застроек, поэтому материалы наблюдений по г. Барнаулу корректировались по метеостации Барнаул-агро (рис. 1, табл. 1).



а



б

Рис. 1. Связь средних месячных температур ГМС Барнаул и Барнаул-агро за период совместных наблюдений, 1950-1964 гг.:
а – февраль; б – август.

Таблица 1

Коэффициенты уравнений регрессии между метеостанциями Барнаул-агро и Барнаул для перерасчета периода наблюдений метеостанции Барнаул, с 1941 по 1949 гг.

Месяц	Коэффициент		R^2
	a	b	
Январь	1,0331	0,44	0,9844
Февраль	0,9978	–0,12	0,9744
Март	0,9802	0,31	0,9831
Апрель	0,9545	0,69	0,9973
Май	0,9665	0,88	0,9906
Июнь	0,9548	1,45	0,9938
Июль	0,9707	1,31	0,9831
Август	0,8886	2,47	0,9637
Сентябрь	0,8876	1,50	0,9694
Октябрь	0,9805	0,57	0,9641
Ноябрь	1,0234	0,76	0,9977
Декабрь	1,0756	1,26	0,9920

Полученные материалы позволили оценить колебания температуры в летний период на юге Западной Сибири за период с конца стадии Фернау по настоящее время (рис. 2). Для оценки возможности характеризовать изменение термического режима в ледниковой зоне Алтая в теплый период (абляция) сделана попытка увязать средние летние температуры по метеорологическим станциям Барнаул-агро и Каратюрек (рис. 3). Как показывает рисунок, средняя летняя температура метеостанции Барнаул может характеризовать ледниковую зону Алтая.

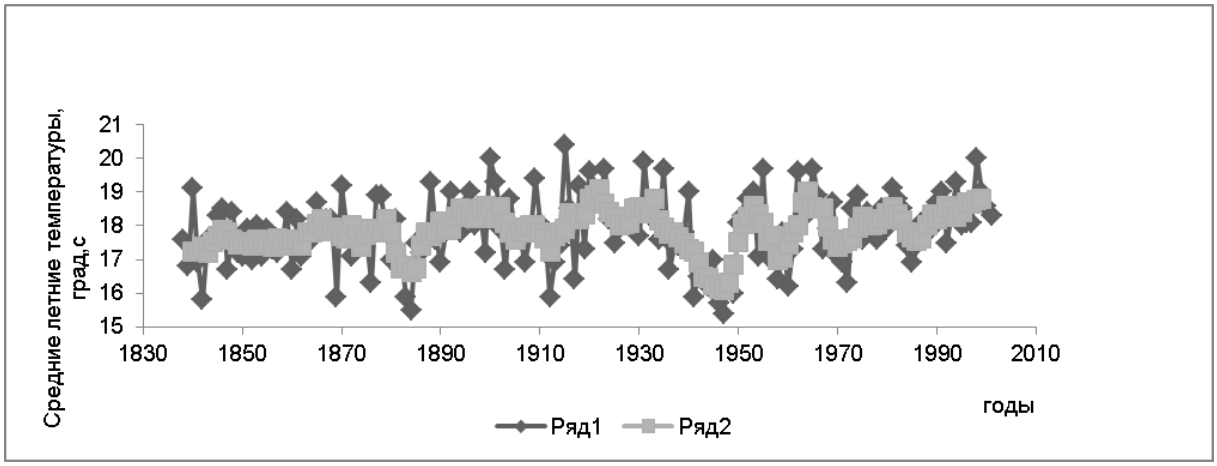


Рис. 2. Изменение средней летней (июнь-август) температуры воздуха на юге Западной Сибири по метеостанции Барнаул с 1838 по 2001 гг.:
ряд 1 – ежегодные данные, ряд 2 – осредненные по пятилетиям.

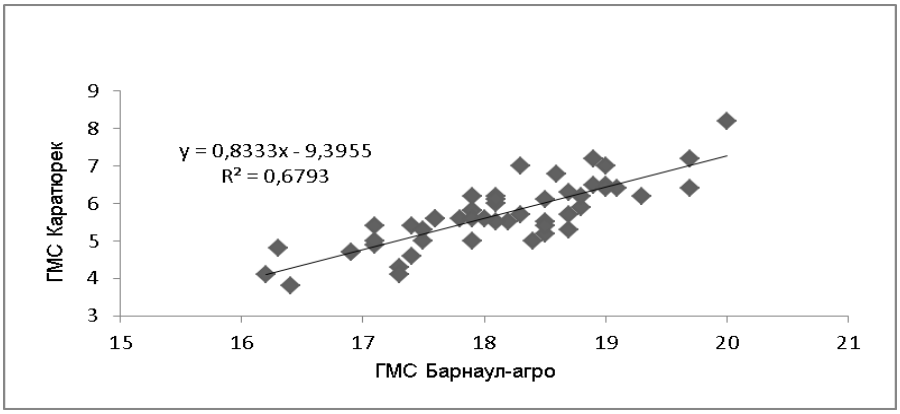


Рис. 3. Связь средних летних температур на равнинной метеостанции Барнаул и высокогорной Каратюрек.

Как видим изменение средней летней температуры по метеостации Барнаул (как индикатора интенсивности таяния снега и льда) характеризуется совсем не монотонным повышением. Период с 1838 по 1920 гг. можно принять как время с постепенным увеличением температуры периода абляции, 1920-1948 гг. характеризуются монотонным уменьшением температуры, 1948-2001 гг. – температура вновь повышается, но не монотонно, а небольшими циклами: похолодание – потепление. Атмосферные осадки за 1838-1963 гг. были взяты непосредственно по метеостанции Барнаул, для 1964-2001 гг. осадки по метеостанции Барнаул-агро приведены к метеостанции Барнаул (рис. 4). Полученные материалы позволили оценить изменчивость увлажнения на юге Западной Сибири за период с конца стадии Фернау по настоящее время (рис. 5).

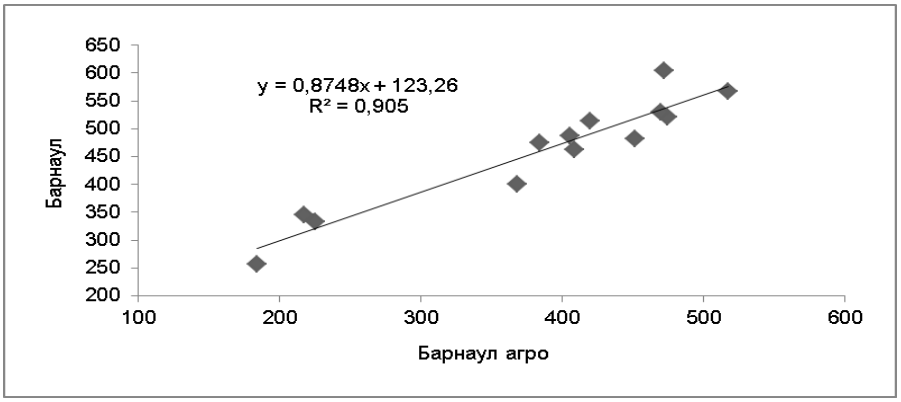


Рис. 4. Зависимость суммы годовых осадков метеостанции Барнаул от суммы годовых осадков метеостанции Барнаул-агро, 1950-1963 гг.

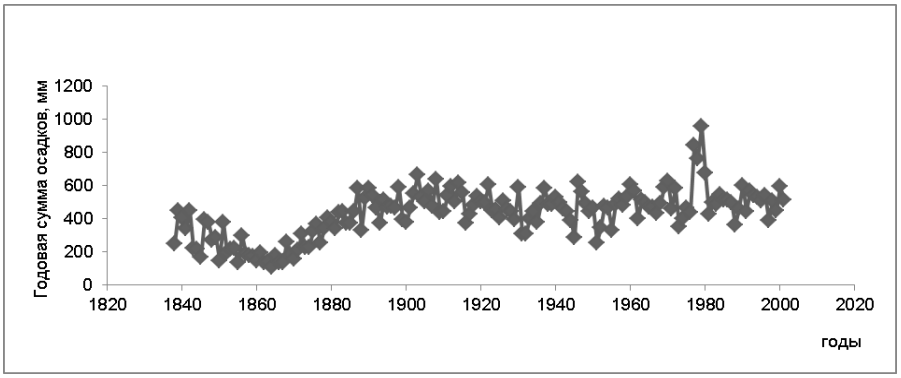


Рис. 5. Колебание увлажнения (годовая сумма осадков) на юге Западной Сибири по метеостации Барнаул с 1838 по 2001 гг.

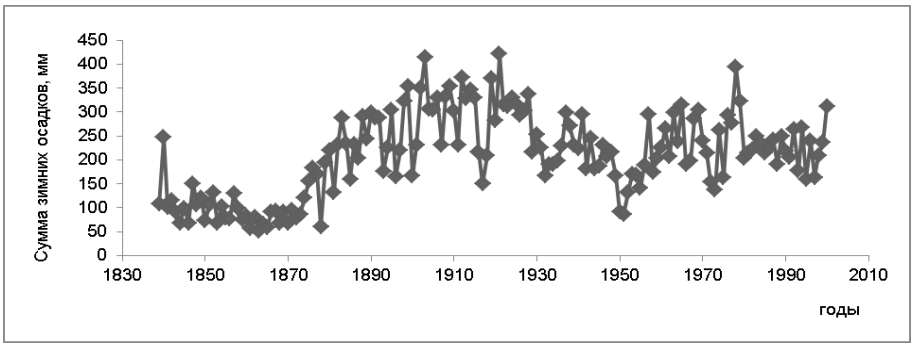


Рис. 6. Колебания суммы осадков периодов аккумуляции (сентябрь-апрель) на ледниках Алтая по метеостации Барнаул

Увязать осадки за период аккумуляции по метеостанциям Барнаул и Каратюрек невозможно, поскольку последняя расположена на водораздельном хребте, выше границы леса, и на сумму зимних осадков влияет метелевый перенос. Единственное, что подтверждает предположение это то, что метеостанция Барнаул характеризует (в какой-то степени) аккумуляцию на ледниках, а также то, что зимние осадки на юге Западной Сибири формируются фронтальными зонами, которые, как правило, «закрывают» и равнинную часть и высокогорную.

Различия наблюдаются в количестве осадков. Можно сказать, что за период с 1900 по 2001 гг. увлажнение было примерно постоянным: 450-500 мм в год. А вот в предыдущий период колебания годовых осадков весьма значительны. Наблюдается «ядро» в период 1850-1880 гг., когда сумма годовых осадков опускалась до 150-200 мм. Перед «ядром» наблюдалось уменьшение осадков, после «ядра» – увеличение до 450-500 мм. Особенно это заметно по сумме осадков за период аккумуляции (рис. 6).

Ледовый баланс ледника Малый Актру

Составляющие ледового баланса ледника Малый Актру рассчитывались по формуле [10]:

$$X_S \pm U \pm D - A_{I+S} + F_{I+F} = dI,$$

где X_S – фоновые снегозапасы, ± U – баланс лавинного снега, ± D – баланс метелевого снега, A_{I+S} – абляция снега и льда на леднике, F_{I+F} – внутреннее питание (повторное замерзание воды в толще фирна и сезонного снега и наложенный лед, dI – изменение массы льда.

Экспериментальные материалы МГД и МГП позволили разработать имитационную модель расчета абляции снега и льда ледника Малый Актру в зависимости от метеорологических характеристик теплого периода на метеостанции Актру (примерно 4 км севернее ледника). Подробные снегосъемки 1977-1986 гг. позволили уточнить зависимость фоновых снегозапасов, лавинной аккумуляции и метелевого переноса на леднике Малый Актру от метеорологических характеристик холодного периода на метеостанции Актру [11]. Кроме этого, материалы наблюдений на леднике Томич (Западно-Катунский центр оледенения) за испарением с поверхности снега скорректировали расчетное испарение. Полученные с помощью имитационного моделирования (1972-1973 – 1976-1976 балансовые годы) и непосредственных наблюдений (1976-1977 – 1979-1980 балансовые годы) составляющие ледового баланса ледника Малый Актру приводятся ниже в таблице 2.

Материалы палеореконструкций

Для оценки изменения термического режима с большим временным разрешением палеогеографы используют дендрохронологические ряды. Подобные реконструкции были впервые проведены М.Ф. Адаменко в бассейне Актру [13]. Для уменьшения ошибки он определял летние температуры не за отдельные годы, а за выделенные периоды потеплений и похолоданий [13, табл. 1, с. 7-8].

Таблица 2

Составляющие ледового баланса ледника Малый Актру с 1972-1973 по 1979-1980 балансовые годы, г/см^2 [4]

Годы	X_s-E	+U	±D	Аккумуляция	A_{i+s}	F_{i+f}	ΔI
1972-1973	53	7	–4	56	56	9	+9
1973-1974	51	7	–4	54	219	9	–156
1974-1975	102	21	–7	116	78	9	+47
1975-1976	86	17	–8	95	36	9	+68
1976-1977	94	15	–8	101	60	8	+49
1977-1978	48	8	+1	57	114	9	–48
1978-1979	61	10	–2	69	136	9	–58
1979-1980	78	12	–4	86	72	8	+22

На основе этих исследований нами построен график колебаний температур июня-июля (рис. 7). Как следует из этого графика, наиболее значительное и продолжительное похолодание в долине Актру наблюдалось в начале XIX в. В этот минимум окончательно сформировался моренный комплекс Малого ледникового периода [14]. Высота боковых морен языка ледника позволяет примерно определить (с учетом радиолокационной съемки ледника С.А. Никитиным в 1995 г.) среднюю толщину ледника Малый Актру в Малый ледниковый период (1450-1850 гг.).

Для реконструкции изменения поверхности ледника Малый Актру за период инструментальных метеорологических наблюдений на метеостанции Каратюрек (1940-2012) использованы данные таблицы 3 и рисунок 8.

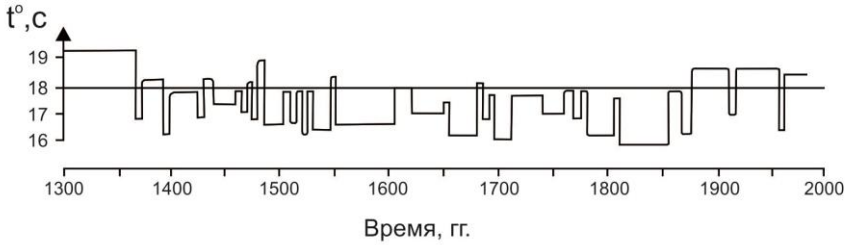


Рис. 7. Колебания средней температуры воздуха за июнь-июль в бассейне Актру в XIV-XX вв.

Таблица 3

Скорость изменения ледового баланса ледника Малый Актру за период инструментальных наблюдений

Годы	Средняя летняя температура по ГМС Каратюрек, °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
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
1962-1966	6,34	–43,6	по [15]
1990-2013	6,45	–47,6	по [16]

Примечание: изменение составляющих ледового баланса ледника Малый Актру за период 1980-1986 гг. взято из [11], с 1986 по 1996 гг. – из [15].

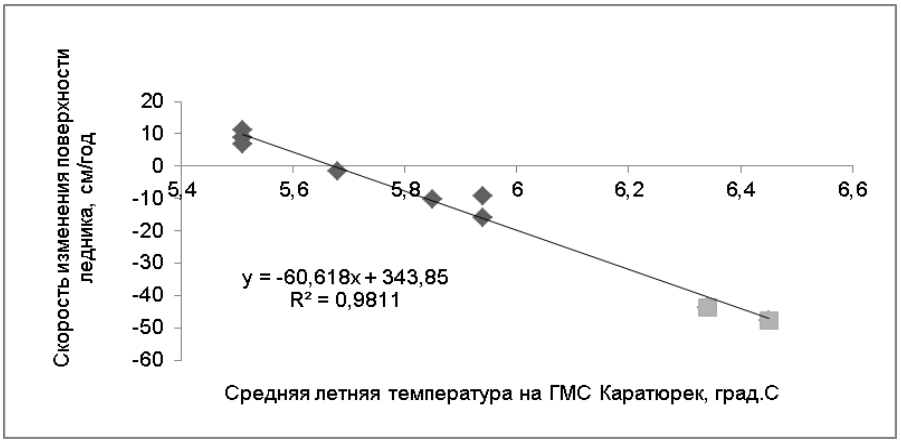


Рис. 8. Скорость изменения поверхности ледником Малый Актру в зависимости от температуры на ГМС Каратюрек

Наблюдения по изменению поверхности ледника Малый Актру с 1952 по 1990 гг. и материалы расчетов за составляющими ледового баланса позволяют оценить влияние термического режима на скорость изменения его поверхности (табл. 4). Для реконструкции средней толщины ледника Малый Актру за время инструментальных метеорологических наблюдений на метеостанции Барнаул (1901-1939 гг., период относительно стабильных годовых осадков) средние летние температуры ГМС Каратюрек были восстановлены по метеостанции Барнаул (рис. 9). Также как и для периода 1940-2008 гг. были рассчитаны величины изменения толщины ледника Малый Актру (табл. 5).

Поскольку в период с 1838 по 1900 гг. количество годовых осадков на метеостанции Барнаул в среднем было значительно меньше 450-500 мм, то использовать полученную кривую нельзя. Для оценки толщины ледника Малый Актру воспользуемся боковыми моренными комплексами правого борта, которые достаточно четко фиксируют толщину ледника на максимум Малого ледникового периода. Согласно картографическим материалам боковая морена возвышается над языком ледника примерно на 25-30 м. Таким образом, к концу стадии Фернау ледник Малый Актру был примерно на 30 м толще, чем в 1995 г. [5], когда его средняя толщина составляла 86 м (рис. 10). Полученное изменение толщины ледника Малый Актру можно сравнить с изменением объема ледника Фернагтфернер (Альпы) (рис. 11).

Таблица 4

Потери вещества ледником Малый Актру за период 1940-2008 гг.

Годы	Средняя летняя температура по ГМС Каратюрек	Скорость потери вещества, см/год	Число лет в периоде	Изменение толщины, см
1940-1949	5,64	1,96	10	+20
1950-1960	5,46	12,88	11	+14
1961-1970	5,69	–1,07	10	–11
1971-1985	5,57	6,21	15	+93
1986-1997	5,7	–1,67	12	–20
1998-2003	6,84	–70,78	6	–425
2004-2008	6,7	–62,29	5	–311

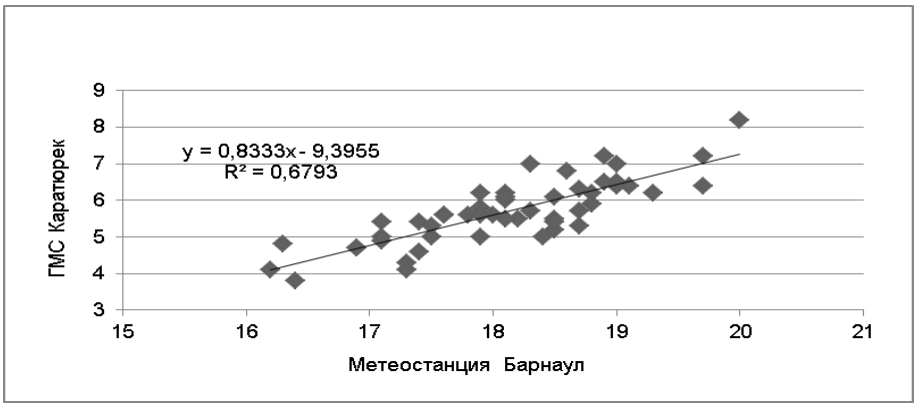


Рис. 9. Связь средних летних температур на равнинной метеостанции Барнаул и высокогорной ГМС Каратюрек

Таблица 5

Потери вещества ледника Малый Актру за период 1901-1939 гг.

Годы	Средняя летняя температура		Скорость потери вещества, см/год	Число лет в периоде	Изменение толщины, см
	по МС Барнаул	по МС Каратюрек			
1901-1920	18,0	5,6	+4,3	20	+86
1921-1939	18,3	5,8	–7,8	19	–156

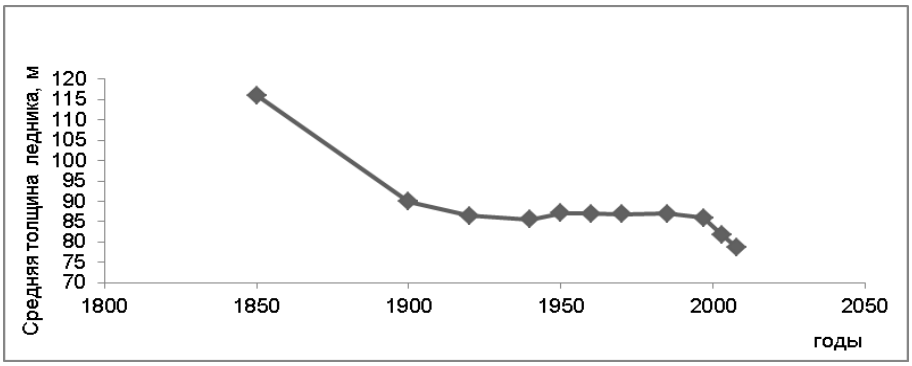


Рис. 10. Изменение средней толщины ледника Малый Актру за период с конца Малого ледникового периода по 2008 г.

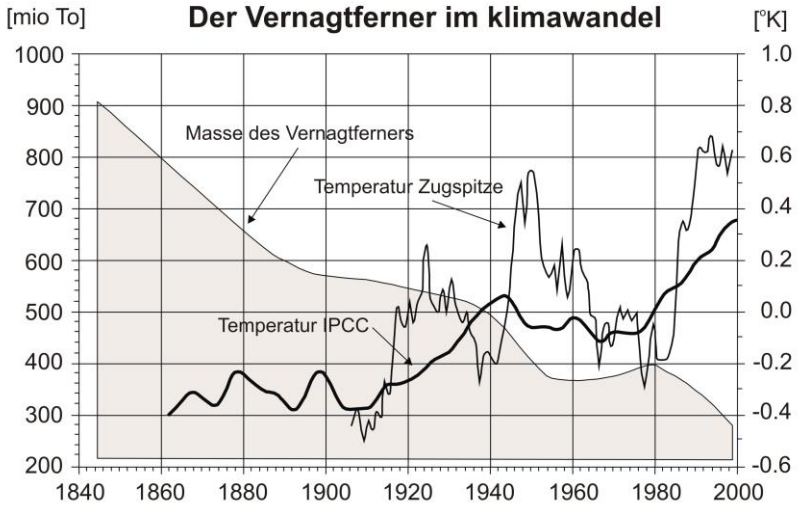


Рис. 11. Изменение объема льда ледника Фернагтфернер с последнего максимума (1844) по настоящее время [17]:

реконструировано по стадиальной морене, картированию с 1889 по 1964 гг. баланса прямыми наблюдениями; кроме этого представлено изменение средних значений приземной температуры северного полушария, на вершине Цугшпитце, по наблюдениям с 1961 по 1990 гг.; кривые температур демонстрируют одинаковый тренд и соответствующий обратный ход изменению баланса массы.

Сравнение изменения объема льда ледника Фернагтфернер (Восточные Альпы) и средней толщины ледника Малый Актру (Центральный Алтай) демонстрирует определенную синхронность. С 1838-1840 по 1890-1900 гг. наблюдается интенсивная потеря вещества ледниками, но с 1890-1900 по 1940 гг. эти процессы замедлились и объемы ледников слабо уменьшаются. С 1940 по 1955 гг. скорость изменения ледника Фернагтфернер увеличивается, а ледник Малый Актру практически стационарен. Дальнейшее увеличение потерь вещества на леднике Фернагтфернер наблюдается с 1980 г., на леднике Малый Актру – с 1986 г. Причем по леднику Малый Актру следует отметить, что уменьшение объема льда после Малого ледникового периода происходит не за счет увеличения абляции, а за счет снижения осадков, т.е. значительного сокращения аккумуляции. Если бы годовые осадки не уменьшились почти в 2,5 раза, а оставались в пределах современных (450-500 мм/год), то ледник должен был увеличить свою толщину за 1838-1900 гг. на 30 м.

Заключение

Топогеодезические съемки ледника и расчеты по имитационной модели расчета составляющих ледового баланса показали хорошую сходимость.

Полученные данные по изменению средней толщины ледника Малый Актру (горный узел Биш-Иирду, Центральный Алтай) с окончания Малого ледникового периода по современное время и сравнение их с материалами по изменению объема ледника Фернагтфернер (Восточные Альпы) показало их схожесть. Это позволило подтвердить выводы, полученные ранее [18], что колебания ледников Альп и Алтая синхронны.

При палеогляциологических реконструкция специалисты в основном оперируют изменением летних температур. Как показывают расчеты по леднику Малый Актру, осадки играют, по крайней мере, не меньшую роль, чем таяние.

Список литературы

1. Тронов М.В. Вопросы связи между климатом и оледенением. – Томск: ТГУ, 1956. – 202 с.
2. Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 288 с.
3. Ресурсы поверхностных вод. Каталог ледников СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 1. Горный Алтай и Верхний Иртыш. Ч. 6. Бассейн р. Чуи. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 60 с.
4. Галахов В.П., Нарожнев Ю.К., Никитин С.А. и др. Ледники Актру (Алтай). – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 117 с.
5. Никитин С.А., Веснин А.В., Осипов А.В., Игловская Н.В. Радиофизические исследования ледников Алтая // Вопр. географии Сибири. Вып. 22. – Томск: Изд-во ТГУ, 1997. – С. 120-128.
6. Климатический справочник СССР. Вып. 20. Метеорологические данные за отдельные годы. Ч. 1. Температура воздуха. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1956. – 146 с.
7. Климатический справочник СССР. Вып. 20. Метеорологические данные за отдельные годы. Ч. II. Атмосферные осадки. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1956. – 135 с.
8. Справочник по климату СССР. Вып. 20. Ч. II. Кн. 1. Метеорологические данные за отдельные годы. Атмосферные осадки. – Новосибирск, 1977. – 474 с.
9. Справочник по климату СССР. Вып. 20. Ч. 1. Метеорологические данные за отдельные годы. Температура воздуха. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 590 с.
10. Совместные исследования балансов льда, воды и тепла в репрезентативных ледниковых бассейнах (под ред. В.М.Котлякова) // Матер. гляциологических исследований. Вып. 21. – М., 1973. – С. 206-211.
11. Галахов В.П. Имитационное моделирование как метод гляциологических реконсирукций горного оледенения. – Новосибирск: Наука, 2001. – 136 с.
12. Галахов В.П., Мухаметов Р.М. Ледники Алтая. – Новосибирск: Наука, 1999. – 136 с.
13. Адаменко М.Ф. Реконструкция динамики термического режима летних месяцев и оледенения на территории Горного Алтая в XIV-XX вв.: автореф. дисс… канд. геогр. наук. – Новосибирск, 1985. – 16 с.
14. Галахов В.П., Назаров А.Н., Харламова Н.Ф. Колебания ледников и изменения климата в позднем голоцене по материалам исследований ледников и ледниковых отложений бассейна Актру (Центральный Алтай, Северо-Чуйский хребет). – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2005. – 132 с.
15. Нарожный Ю.К. Ресурсная оценка и тенденции изменения ледников в бассейне Актру (Алтай) за последние полтора столетия // Матер. гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. Вып. 90. – М.: Наука, 2001. – С.117-125.

16. Galakhov V., Samoilova S., Shevchenko A., Sheremetov R. Fluctuations in Altai glaciers for the period of instrumental observations (glacier Maly Aktru as a case study). Sustainable development of Asian countries, water resources and biodiversity under climate change: Proceedings of AASSA Regional Workshop. – Barnaul, 2013. P. 56-60.

17. Hagedorn H. Eiszeit, Klimaanderung und Menschenheit // Akademia Aktuel. 02, Dezember 2004. – S. 8-13.

18. Chernukh D.V., Galakhov V.P., Zolotov D.V. Sunchronous fluctuations of glaciers in the Alps and Altai in the second half of the Holocene // The Holocene. – 2013. – V. 23. – Is. 7. – P. 1074-1079.

References

1. Tronov M.V. Voprosy svyazi mezhdu klimatom i oledeneniyem. – Tomsk: TGU, 1956. – 202 s.

2. Krenke A.N. Massoobmen v lednikovykh sistemakh SSSR. – L.: Gidrometeoizdat, 1982. – 288 s.

3. Resursy poverkhnostnykh vod. Katalog lednikov SSSR. T. 15. Altay i Zapadnaya Sibir. Vyp. 1. Gorny Altay i Verkhny Irtysh. Ch. 6. Basseyn r. Chui. – L.: Gidrometeoizdat, 1974. – 60 s.

4. Galakhov V.P., Narozhnev Yu.K., Nikitin S.A. i dr. Ledniki Aktru (Altay). – L.: Gidrometeoizdat, 1987. – 117 s.

5. Nikitin S.A., Vesnin A.V., Osipov A.V., Iglovskaya N.V. Radiofizicheskiye issledovaniya lednikov Altaya // Vopr. geografii Sibiri. Vyp. 22. – Tomsk: Izd-vo TGU, 1997. – S. 120-128.

6. Klimaticheskiy spravochnik SSSR. Vyp. 20. Meteorologicheskiye dannye za otdelnye gody. Ch. 1. Temperatura vozdukha. – L.: Gidrometeorologicheskoye izd-vo, 1956. – 146 s.

7. Klimaticheskiy spravochnik SSSR. Vyp. 20. Meteorologicheskiye dannye za otdelnye gody. Ch. II. Atmosfernye osadki. – L.: Gidrometeorologicheskoye izd-vo, 1956. – 135 s.

8. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 20. Ch. II. Kn. 1. Meteorologicheskiye dannye za otdelnye gody. Atmosfernye osadki. – Novosibirsk, 1977. – 474 s.

9. Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 20. Ch. 1. Meteorologicheskiye dannye za otdelnye gody. Temperatura vozdukha. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 590 s.

10. Sovmestnye issledovaniya balansov lda, vody i tepla v reprezentativnykh lednikovykh basseynakh (pod red. V.M.Kotlyakova) // Mater. glyatsiologicheskikh issledovany. Vyp. 21. – M., 1973. – S. 206-211.

11. Galakhov V.P. Imitatsionnoye modelirovaniye kak metod glyatsiologicheskikh rekonsiruktsy gornogo oledeneniya. – Novosibirsk: Nauka, 2001. – 136 s.

12. Galakhov V.P., Mukhametov R.M. Ledniki Altaya. – Novosibirsk: Nauka, 1999. – 136 s.

13. Adamenko M.F. Rekonstruktsiya dinamiki termicheskogo rezhima letnikh mesyatsev i oledeneniya na territorii Gornogo Altaya v XIV-XX vv.: avtoref. diss… kand. geogr. nauk. – Novosibirsk, 1985. – 16 s.

14. Galakhov V.P., Nazarov A.N., Kharlamova N.F. Kolebaniya lednikov i izmeneniya klimata v pozdnem golotsene po materialam issledovany lednikov i lednikovykh otlozheny basseyna Aktru (Tsentralny Altay, Severo-Chuysky khrebet). – Barnaul: Izd-vo AltGU, 2005. – 132 s.

15. Narozhny Yu.K. Resursnaya otsenka i tendentsii izmeneniya lednikov v basseyne Aktru (Altay) za posledniye poltora stoletiya // Mater. glyatsiologicheskikh issledovany. Khronika, obsuzhdeniya. Vyp. 90. – M.: Nauka, 2001. – S.117-125.

16. Galakhov V., Samoilova S., Shevchenko A., Sheremetov R. Fluctuations in Altai glaciers for the period of instrumental observations (glacier Maly Aktru as a case study). Sustain-

able development of Asian countries, water resources and biodiversity under climate change: Proceedings of AASSA Regional Workshop. – Barnaul, 2013. R. 56-60.

17.Hagedorn H. Eiszeit, Klimaanderung und Menschenheit // Akademia Aktuel. 02, Dezember 2004. – S. 8-13.

18.Chernukh D.V., Galakhov V.P., Zolotov D.V. Sunchronous fluctuations of glaciers in the Alps and Altai in the second half of the Holocene // The Holocene. – 2013. – V. 23. – Is. 7. – R. 1074-1079.

CHANGE IN THERMAL REGIME AND PRECIPITATION AS A FACTOR OF GLACIER VOLUME FLUCTUATIONS IN ALTAI (GLACIER MALY AKTRU AS A CASE STUDY)

V.P. Galakhov[1-2], E.V. Mardasova[1], V.S. Sidorova[1], A.A. Shevchenko[1]

[1]*Altai State University, Barnaul*

[2]*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, E-mail: galahov@iwep.ru*

Based on the experimental research of volume change in glacier Maly Aktru, we established the relationship between substance loss and mean summer temperature (according to the data from the weather station Karatyurek).Using the dynamics of mean summer temperature measured at Karatyurek and Barnaul weather stations, the change in glacier Maly Aktru volume for 1900-2008 was defined. The glacier volume at the end of the Little Ice Age (1840-1850) was determined by lateral moraines of the glacier tongue.

Key words: glacier Maly Aktru, volume change, Little Ice Age.

Received December 25, 2016