

УДК 551.482.215 (575.2)

ДИНАМИКА ОЛЕДЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
НА ПРИМЕРЕ ЛЕДНИКА КАРА-БАТКАК, ХРЕБЕТ ТЕСКЕЙ АЛА-ТОО

Л.В. Бажанова, Р.А. Сатылканов, Б.О. Эрменбаев

Приведены результаты комплексных гляцио-гидро-метеорологических наблюдений на леднике Кара-Баткак и р. Кашка-Тор (бассейне р. Чон-Кызыл-Суу), проводимых ТШВНЦ в период 2013–2015 гг.

Ключевые слова: гидрограф стока; абляция (таяние); баланс массы ледника; деградация; генетические составляющие стока.

THE GLACIATION DYNAMICS IN CONDITIONS OF MODERN CLIMATE CHANGE
ON THE EXAMPLE OF THE KARA BATKAK GLACIER, THE TESKEI ALA-TOO RIDGE

L. V. Bazhanova, R.A. Satylkanov, B.O. Ermenbaev

The results of the complex glacier hydro-meteorological observations on the Kara-Batkak glacier and Kashka-Tor river (Chon-Kyzyl-Suu river basin) are given, carried out by TSHMSC during 2013–2015.

Keywords: a flow hydrograph; ablation (melting); glacier mass balance; degradation; genetic components of flow.

Введение. С 70-х годов прошлого столетия отмечается динамичное изменение климата, которое приобрело глобальный характер. На фоне изменения климата на территории Кыргызстана произошло сокращение площади, массы оледенения и количества ледников. Отмечено изменение гидрологического режима и водности рек. Для количественной и качественной оценки происходящих изменений, определения их масштаба и характера, был восстановлен мониторинг гляцио-гидро-метеорологических наблюдений в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу на леднике Кара-Баткак и вытекающей из него р. Кашка-Тор, в связи с закрытием Тянь-Шанской высокогорной станции.

С 2013 г. на данном леднике начаты комплексные наблюдения по теме: “Создание совместных усилий для оценки роли ледников и сезонного снежного покрова в гидрологии гор Высокой Азии”, по проекту и при финансировании Университета Колорадо, США. В статье использованы результаты наблюдений за 2013–2015 гг. в рамках данного проекта.

К проблеме изменения климата. На фоне климатических изменений был проведен анализ основных климатических параметров – температуры воздуха и осадков по данным наблюдений на метеостанции (МС) Кызылсу (Покровка), расположенной в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу на высоко-

те 1740 м и имеющей ряд наблюдений с 1951 по 2015 г.

Анализ средней годовой температуры воздуха показал положительный тренд. За 65-летний период наблюдений произошло увеличение средней годовой температуры (по исходным данным тренда) в диапазоне от 6,2 до 7,5 °С. Тренды среднегодовой температуры за сравниваемые периоды 1951–1972, 1973–1994 и 1995–2015 гг. показали, что наиболее динамичный и существенный рост температуры был отмечен в период 1995–2015 гг., что показано на рисунке 1 и в таблице 1.

Таблица 1 – Средняя годовая температура за отдельные периоды (°С)

Характеристика	Периоды			Весь период
	1951–1972	1973–1994	1995–2015	
Сред. темпер.	6,4	6,8	7,4	6,8
Отклонение от нормы	–0,4	0	0,6	

Средняя годовая температура за период 1995–2015 гг. увеличилась на 0,6 °С по сравнению со средней за весь период и на 1,0 °С – по сравнению с периодом 1951–1972 гг. Анализ динамики средней месячной температуры показал наиболее существенный рост в период 1995–2015 гг. в феврале,

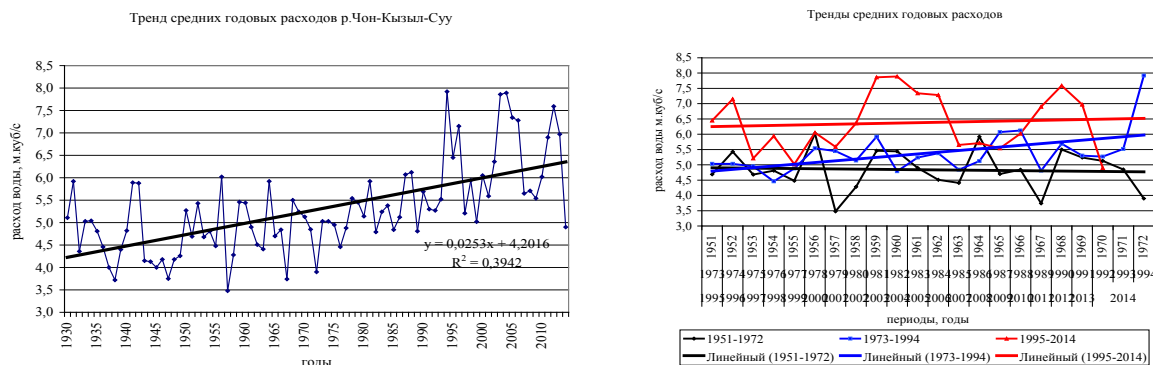


Рисунок 1 – Тренд средней годовой температуры воздуха и температуры за сравниваемые периоды по МС Кызылсу

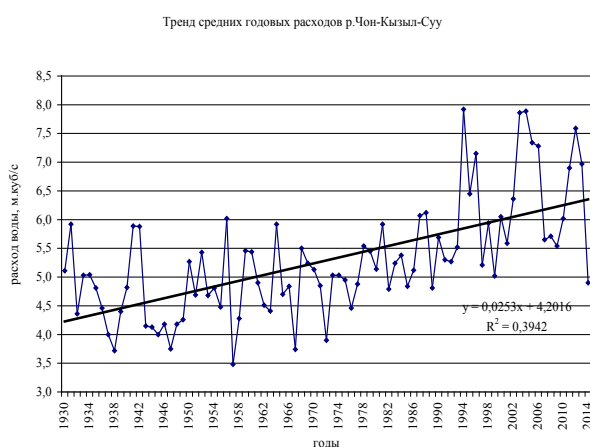


Рисунок 2 – Тренд средних годовых расходов воды р. Чон-Кызыл-Суу

марте на 0,8 °С, в июне, сентябре, октябре – на 0,6 °С. Изменение атмосферных осадков не столь существенное, тренд положительный и составляет около 25 мм, отмечается более значительная вариация (изменчивость) количества осадков по годам. Изменение климатических параметров повлияло на состояние оледенения, ледниковый сток р. Чон-Кызыл-Суу. Тренд средних годовых расходов воды положительный, произошло увеличение среднего годового расхода воды с 4,25 до 6,45 м³/с, а наиболее существенное в периоде 1995–2014 гг. (рисунок 2).

Результаты комплексных наблюдений в период 2013–2015 гг. На фоне происходящих климатических изменений, которые необходимо отслеживать, не осталось реперных ледников с комплексом режимных наблюдений, позволяющих делать выводы об их состоянии и динамике.

Между тем ледники – один из наиболее ярких индикаторов климатических изменений, определяющих реакцию природной среды в зоне формирования стока горных рек на глобальное потепление. Для осуществления этой задачи были возобновле-

ны наблюдения на леднике Кара-Баткак, как наиболее изученном и репрезентативном в период 60–90-х годов прошлого столетия: *гляциологические* – снеготзапасы и абляция ледника, *метеорологические* – температура, влажность воздуха и осадки, *гидрологические* – измерения расходов и уровня воды на р. Кашка-Тор в период июнь–сентябрь.

Метеорологические условия периода наблюдений. Температура воздуха на леднике Кара-Баткак за рассматриваемые годы и средняя многолетняя (VI–IX месяцы) приведены в таблице 2, данные которой показывают, что температура 2014 г. близка к средним значениям, 2013 г. и особенно 2015 г. – выше средних многолетних величин.

Аномально жарким был 2015 г., средние месячные температуры (за исключением сентября) превысили средние многолетние значения и температуру 2013, 2014 гг. (рисунки 3, 4). Аномально высокая температура обусловила интенсивное таяние ледника и значительный объём ледникового стока, который оказался максимальным за весь период наблюдений.

Таблица 2 – Средняя месячная температура на леднике Кара-Баткак

Год	Месяц				Период
	VI	VII	VIII	IX	
2013	4,9/+1,6	5,2/-0,3	5,9/+0,6	4,4/+2,2	5,1/+1,0
2014	3,2/-0,1	5,3/-0,2	5,2/-0,1	2,2/ 0	4,0 / -0,1
2015	4,3/+1,0	9,1/+3,6	6,5/+1,2	1,7/-0,5	5,4/+1,3
Сред. многолет.	3,3	5,5	5,3	2,2	4,1

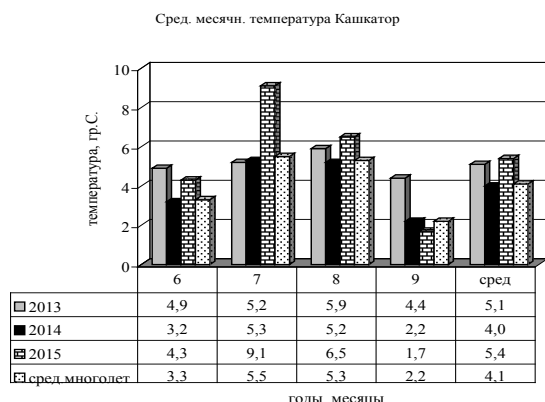


Рисунок 3 – Средняя месячная температура на леднике Кара-Баткак

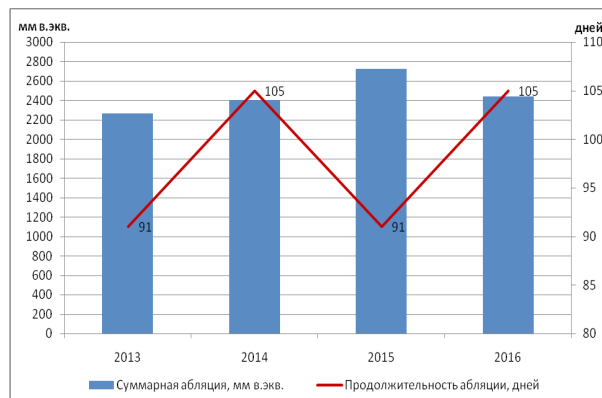


Рисунок 4 – Средние суммарные значения и продолжительность абляции языковой части ледника Кара-Баткак



Рисунок 5 – Совмещенные гидрографы стока р. Кашка-Тор за 2013–2015 гг.

Атмосферные осадки, выпавшие на поверхность ледника в период половодья (июнь–сентябрь), были выше средних многолетних значений в 2013 г., и в этом году отмечен самый максимальный срочный расход воды, сформированный талым и дождевым стоком.

Гидрологические наблюдения проводились на р. Кашка-Тор – “исток” в период половодья для определения средних суточных расходов воды и построение гидрографа стока, на основании которого методом расчленения гидрографа определены генетические составляющие стока – сне-

Средние месячные расходы воды Кашкатор-исток

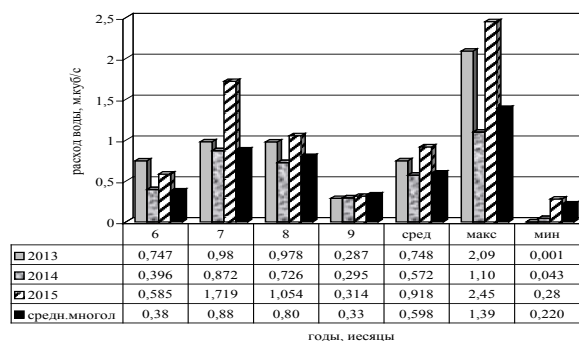


Рисунок 6 – Средние месячные, максимальные и минимальные расходы воды за 2013–2015 гг. и средние многолетние

говое, ледниковое, дождевое. Принято считать, что ледниковая составляющая стока складывается из вод, образовавшихся вследствие поверхностного, внутри- и подледникового стока. Согласно работам Г.А. Авсюка [1] подледниковое и внутриледниковое таяние на ледниках Тянь-Шаня вследствие низких температур отсутствует или ничтожно мало. Единственный источник формирования стока с ледников – его поверхностное таяние, что и было учтено при расчете ледникового стока.

На рисунке 5 представлены совмещенные гидрографы стока р. Кашка-Тор за три года наблюдений,

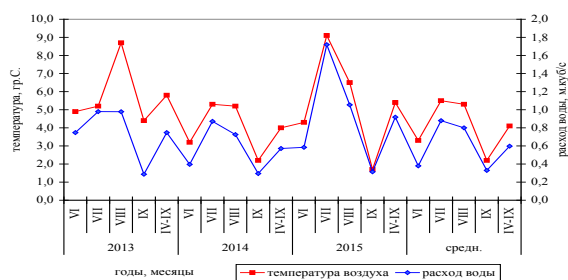


Рисунок 7– Средняя месячная температура воздуха и расходы воды

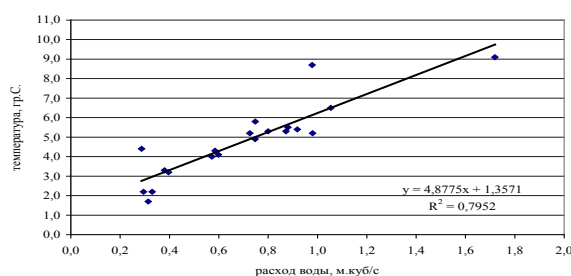


Рисунок 8 – Связь средней месячной температуры воздуха на леднике средних месячных расходов воды

Таблица 3 – Сроки и продолжительность паводков

Год	Снеговое			Ледниковое			Общая продолжит.
	Дата		Продолжит.	Дата		Продолжит.	
	начало	оконч.		начало	оконч.		
2013	01.06	19.07	49	20.07	30.09	73	122
2014	01.06	10.07	40	11.07	30.09	82	122
2015	01.06	11.07	41	12.07	30.09	83	122

Таблица 4 – Составляющие суммарного слоя стока различного типа питания р. Кашка-Тор – “исток” за 2013–2015 гг. (мм/%)

Год	Составляющие стока						Суммарный сток	
	снеговое		ледниковое		дождевое		мм	%
	мм	%	мм	%	мм	%		
2013	2896	44	3198	49	510	7,0	6604	100
2014	1350	27	3447	68	235	5,0	5061	100
2015	2082	26	5736	70	312	4,0	8130	100
Среднее многолет.		45		50		5,0		100

на которых выделено снеговое сезонное и ледниковое питание [2], а в таблице 3 приведены сроки начала таяния ледника и ледниковый сток, снеговой сток и их продолжительность.

Продолжительность половодья на р. Кашка-Тор в данных расчетах принята по календарным датам с 01.06 по 30.09, т. е. 122 дня. Средняя дата начала таяния ледника относится к 10 июля.

В 2013 г. выпало большое количество осадков в холодный период и ледник открылся значительно позже, в 2014 и 2015 гг. осадков было значительно меньше, и установившаяся раньше обычного положительная температура воздуха способствовала быстрому таянию (сходу) снега на языке ледника, который открылся раньше на 8–9 дней.

На рисунке 6 показано соотношение средних месячных, максимальных и минимальных расходов воды за рассматриваемые годы и средние многолетние значения, на котором видно, что самым многоводным был 2015 г., в котором отмечена аномально высокая температура. В 2013 г. был от-

мечен самый высокий максимальный расход, сформированный в совокупности талого ледникового стока и большого количества жидких осадков (дождя), выпавших на поверхность ледника.

2014 г. по своим метеорологическим и гидрологическим параметрам был наиболее близок к средним многолетним значениям.

По данным наблюдений установлена тесная связь и зависимость средней месячной температуры воздуха и средних месячных расходов воды в створе Кашка-Тор – “исток” (рисунки 7, 8). Коэффициент корреляции связи равен 0,89 и данная зависимость, выраженная уравнением регрессии, может использоваться для расчета среднего месячного расхода воды (или слоя стока) с ледника Кара-Баткак при наличии данных наблюдений за температурой воздуха. Результаты расчетов источников питания по генетическому расчленению гидрографа за рассматриваемые годы наблюдений представлены в таблице 4.

В 2015 г. по сравнению с предыдущими 2013 и 2014 гг. снеговой сток составил 26 % (при среднем



Языковая часть ледника

Средняя часть ледника

Верхняя часть ледника

Рисунок 9 – Ледник Кара-Баткак, номерами указаны абляционные рейки

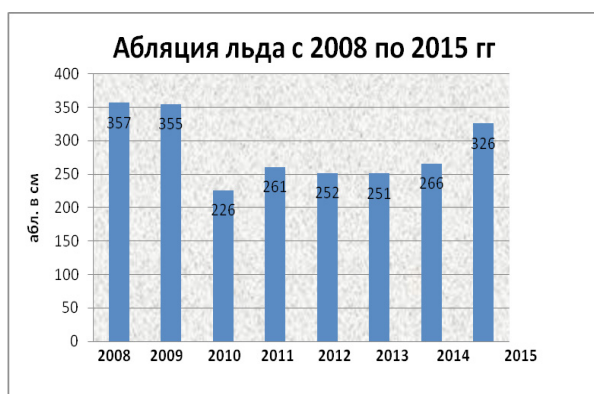


Рисунок 10 – Средние значения абляции языковой части ледника за годы наблюдений ТШВНЦ

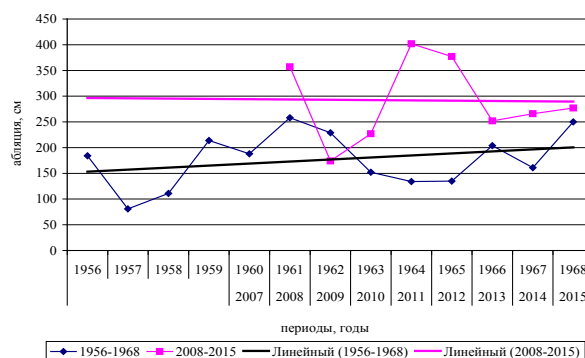


Рисунок 11 – Средние значения абляции за сравниваемые периоды наблюдений

многолетнем значении 45 %) ледниковый – 70 % (при среднем многолетнем 50 %), а дождевой – 4 %. Объясняется это метеорологическими условиями текущего года:

- ниже средних многолетних значений осадки холодного периода;
- малое количество осадков теплого периода;
- аномально высокая температура периода абляции ледника (в июле на 3,6 °С, а в августе на 1,2 °С выше средней многолетней).

Приведенные за три года наблюдений результатам позволили сделать следующие выводы:

- тенденция повышения температуры воздуха сохраняется;
- за три года наблюдений в 2013 и 2015 гг. температура была выше средних значений;
- ледниковый сток его величина также превысил средние многолетние значения.

Результаты гляциологических наблюдений.

Ледник Кара-Баткак, по данным съёмки 1964 г., имеет площадь 4,58 км², из них 3,38 км² при-

ходится на зону аккумуляции (фирновую зону) и 1,2 км² – на зону ледника (зону абляции). Язык ледника – протяженность 1,5 км, имеет уклон 7–10° и заканчивается крутым (35–40°) уступом, выходящим на задровое поле, в углублении которого образовалось подпрудное моренное озеро [3]. Сток талых вод по поверхности ледника осуществляется по двум водосборным каналам, приуроченным к краевым и центральной частям (рисунок 9).

Режим абляции. Основная расходная составляющая баланса массы ледника приходится на поверхностную абляцию льда. Убыль твёрдого вещества за счет поверхностного стаяния является основной статьёй в расходной части баланса массы ледника. На рисунках 10 и 11 представлена величина абляции по данным наблюдений за период 2008–2015 гг.

На рисунке 12 показана абляция ледника по данным наблюдений за 2015 г., который оказался самым экстремальным по температуре воздуха и таянию ледника. На фоне климатических изме-

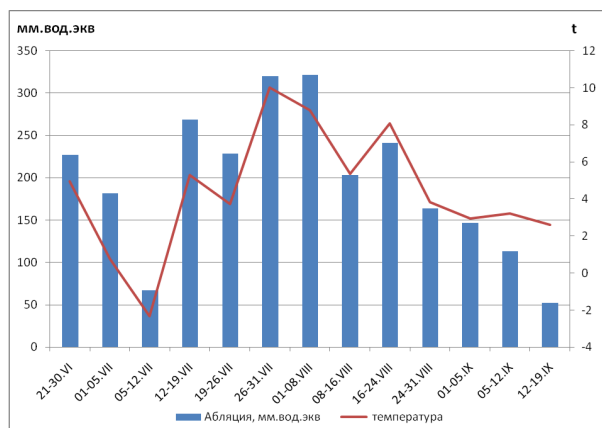


Рисунок 12 – Таяние снега и абляция ледника Кара-Баткак в 2015 г.



Рисунок 13 – Положение границы языка ледника Кара-Баткак в разные годы

нений происходит сокращение ледника, о чем свидетельствуют баланс массы и границы положения языка ледника в разные временные периоды наблюдений (рисунок 13).

Результаты наблюдений показали отрицательный баланс массы ледника: в 2013/14 гг. – (–950), в 2014/15 – (–880) и в 2015/16 гг. – (–390) мм в водном эквиваленте.

Результаты наблюдений 2013–2015 гг. [4] и их сравнение с данными периода (1967–1995 гг.) позволяют сделать следующие выводы:

- температура воздуха сохраняет тенденцию к повышению;
- установлена тесная зависимость величины абляции ледника со средней месячной температурой воздуха на леднике, что позволяет восстановить ледниковую составляющую стока за годы отсутствия наблюдений;
- установлено, что максимальные срочные расходы воды формируются при сочетании талой

составляющей стока и жидких осадков, выпадающей на поверхность ледника в период таяния, т.е. при положительных температурах;

➤ процесс сокращения массы и площади ледника Кара-Баткак продолжают на фоне климатических изменений (потепления).

Литература

1. Авсюк Г.А. Измерение температур льда ледника Кара-Баткак / Г.А. Авсюк // Труды Ин-та геогр. АН СССР. Вып.60. 1954. С. 31–39.
2. Овчаров Е.Е. Гидрология и гидрометрия / Е.Е. Овчаров, Н.Н. Захаровская. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 230 с.
3. Диких А.Н. Режим ледников и водный баланс северного склона хребта Терской-Ала-Тау / А.Н. Диких, В.И. Михайлова. М.: Наука. 1976. 131 с.
4. Отчеты по результатам наблюдений на леднике Кара-Баткак и р. Кашка-Тор за 2013, 2014 и 2015 гг. // Фонды ИВПиГЭ НАН КР.