

*Саякбаев Д.Д., Сатылканов Р.А., Шатравин В.И.*

## КАРА-БАТКАК ТАЯНГЫЧ МӨҢГҮСҮНДӨГҮ БИР ЖЫЛДЫК КАРДАГЫ СУУНУН ЗАПАСТАРЫНЫН ӨЗГӨРҮҮСҮН ТАЛДОО

*Саякбаев Д.Д., Сатылканов Р.А., Шатравин В.И.*

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАПАСОВ ВОДЫ В СЕЗОННОМ СНЕГЕ НА ОПОРНОМ ЛЕДНИКЕ КАРА-БАТКАК

*D.D. Sayakbaev, R.A. Satylkanov, V.I. Shatravin*

## ANALYSIS OF CHANGES IN WATER RESERVES IN SEASONAL SNOW ON THE REFERENCE KARABATKAK GLACIER

УДК: 551.324.433

Макалада Чоң-Кызыл-Суударыясынын жана Кара-Баткак мөңгүсүнүн мисалдарында Ысык-Көл өрөөнүнүн бийик тоолуу зонасында 1956-жылдан ушул мезгилге чейинки жаан-чачындардын динамикасы каралган. Акыркы он жылдыктарда Ысык-Көл өрөөнүнүн кар-мөңгүлүү зоналарында кардын запастарынын өзгөрүүсүндө улам барган сайын азаюу болуп жаткандыгы көрсөтүлгөн. Жалпысынан алганда, мөңгү тилинде акыркы он жыл аралыгында Кара-Баткак 1958-1968 байкоо боюнча алгачкы мезгилине караганда сезондук кар 30 % аз калды. 2014-2016-жылдын аралыгында, 2016-жылы жалпы жаан-жылы жаан-чачын боюнча жана 2014-жылы өтө кургак ортосундагы айырма 444 мм түзгөн. 2017-жылга godu зор суу жогорку температура менен бирге сезондук кар кубаттуулугу (5,4 °C) кыскарышына мезгил жана ири кыскарышына муздун (3065 мм суу.экв.) Менен жарым-жартылай агымы мониторинг катмарынын баит кийин абдан чоң пайда (себеп 10380 мм) муз-Кара-Баткак гидрологиялык маалыматтар менен. Тянь-Шань бийик тоолуу илимий борборундагы гляциометеорологиялык байкоолордун жыйынтыктары глобалдык жылууланунун Борбордук Азиянын суу ресурстарына таасиринин социалдык-экономикалык натыйжаларын баалоо үчүн пайдаланылса болот.

**Негизги сөздөр:** Чоң-Кызыл-Суу, Кара-Баткак, жаан-чачын, жаанды өлчөгүчтөр, кардын запасы, температура, мезгилдер.

В статье на примере бассейна р.Чон-Кзыл-Суу и ледника Кара-Баткак рассматривается динамика выпадения осадков в высокогорной зоне Иссык-Кульской котловины в период с 1956 г. по настоящее время. Показано, что в течение последних десятилетий проявляется нисходящий тренд в изменении снеготпасов в гляциально-нивалыных зонах Иссык-Кульской котловины. За последнее десятилетие на язык ледника Кара-Баткак выпадало сезонных снега на 30 % меньше, нежели на начальный период наблюдения 1958-1968 гг. В период 2014-2016 гг. разность суммарных осадков самого влажного 2016 года и самого сухого 2014 года составила 444 мм. В 2017 году самый большой водозапас в сезонном снеге наряду с самой высокой температурой воздуха 5,4 °C в абляционный период и самой большой абляцией ледника 3065 мм вод.экв. отчасти стал причиной формирования самого большого после возобновления мониторинга слоя стока 10380 мм с

ледника Кара-Баткак по гидрологическим данным. Результаты гляциометеорологических наблюдений Тянь-Шанского высокогорного научного центра могут быть применены для оценки социально-экономических последствий из-за влияния глобального потепления на водные ресурсы Центральной Азии.

**Ключевые слова:** Чон-Кызыл-Суу, Кара-Баткак, осадки, осадкомеры, снеготпас, температура, сезоны.

The article examines precipitation dynamics in the high-mountainous zone of the Issyk-Kul hollow from 1956 to the present using the example of the Chon Kyzyl Suu basin and the Kara Batkak glacier. It has been shown that during the last decades there is a downward trend in the change in snow cover in the glacial-nival zones of the Issyk Kul hollow. In general, over the past decade, seasonal snow was 30% less in the language of the Kara-Batkak glacier than in the initial observation period of 1958-1968. In the period 2014-2016, the difference in total precipitation of the wettest 2016 and the driest 2014 was 444 mm. In 2017, the largest water storage in seasonal snow, along with the highest air temperature (5.4 °C) during the ablative period and the largest ablation of the glacier (3065 mm water equivalent), partly caused the formation of the largest after the resumption of monitoring of the runoff layer 10,380 mm) from the Kara-Batkak glacier according to hydrological data. The results of the glacial-meteorological observations of the Tien Shan High Mountain Scientific Center can be applied to assess the socio-economic consequences due to the influence of global warming on the water resources of Central Asia.

**Key words:** Chon Kyzyl Suu, Kara Batkak, precipitation, precipitation gauges, snow cover, temperature, seasons.

**Введение.** Изучению осадков преимущественно в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу и частично в Прииссыккулье посвящены труды Михайловой В.И. [1].

Изучением вертикального градиента осадков занимались Пономаренко П.Н. [2] и Григорьев А.А. [3], выявившие сложную зависимость количества атмосферных осадков от высоты.

Из среднего многолетнего годового объема атмосферных осадков 118,30 км<sup>3</sup>, приходящегося на территорию суши Киргизии, 42,94 км<sup>3</sup> выпадает в жидком, 54,93 км<sup>3</sup> – в твердом и 20,43 км<sup>3</sup> – в смешанном фазовом состоянии [4].

Характеристики снежного покрова для горного Кыргызстана имеют еще большую, чем общая сумма атмосферных осадков, пространственную, высотную и временную изменчивость. Используются 4 способа измерений характеристик снежного покрова: а. Измерения характеристик снежного покрова по постоянным рейкам на метеорологических станциях и гидрологических постах. б. Маршрутные снегоъемки в окрестности метеорологических станций и гидрологических постов (на закрепленных маршрутах), а также снегоъемки в верховьях бассейнов рек (на закрепленных снегопунктах). в. Вертолетные аэровизуальные измерения высоты снежного покрова по дистанционным рейкам. г. Измерения высоты снежного покрова на лавиносборах по дистанционным рейкам. Измерения характеристик снежного покрова дополнены нами циклом работ, направленных на оптимизацию наблюдательской сети и комплексное использование материалов различных видов наблюдений для целей, в первую очередь, гидрологических прогнозов [5, 6, 7].

Восстановление наземной снегомерной сети и системы мониторинга снежного покрова зоны формирования стока рек, является приоритетной задачей, что повысит качество прогнозов стока [8].

В настоящее время за наблюдением атмосферных осадков в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу и Иссык-Кульской котловине с 2007 г. занимаются сотрудники Тянь-Шанского высокогорного научного центра ИВПиГЭ НАН КР. Комплексные гляциогидроклиматические наблюдения возобновлены ТШВНЦ с 2013 г. в рамках проекта CHARIS, учрежденного Кооперативным институтом по исследованиям в области экологического Наук (CIRES) Университета Колорадо, США, и Национальным центром снега и льда (NSIDC), финансируемым Агентством США по международному развитию (USAID).

Цель проекта - разработать модель таяния снега и льда с помощью спутникового дистанционного зондирования и наземного мониторинга ледников Высокой Азии, где ТШВНЦ проводит мониторинг ледника Кара-Баткак посредством инструментальных наземных наблюдений за основными гляциогидрометеорологическими параметрами.

Результаты выполненного мониторинга использованы в качестве входных данных для оценки точности вышеуказанной модели таяния снега и льда. Совместная работа позволяет оценить эффективность применяемых моделей таяния (абляции), для оценки социально-экономических последствий в связи с влиянием глобального потепления климата на водные ресурсы. Ледник Кара-Баткак находится в верховьях правого притока р. Кашка-Тор (бассейн р. Чон-Кызыл-Суу) и является объектом гляциологического мониторинга с 1956 г. После вышеупомяну-

того возобновления исследований они продолжают до настоящего времени. Ледник Кара-Баткак (рис. 1) занимает большую (62 %) площадь бассейна р. Кашка-Тор. Это долинный ледник с областью питания северо-западной, а на языке - северной экспозиции.



Рис. 1. Ледник Кара-Баткак и оз. Кашка-Тор, 2013 г. (Фото В.И. Шатравина)

В 2017 г. конец языка ледника располагался на отметке 3321 м над уровнем моря. Его наивысшая точка, совпадающая с максимальной высотой всего бассейна р. Кашка-Тор, - на высоте 4800 м, длина ледника порядка 3500 м, средняя ширина - 750 м, площадь - 2,467 км<sup>2</sup>, из которых на зону абляции ледника в разные годы приходится от 1,470 до 1,819 км<sup>2</sup>. Продольный профиль ледника имеет ступенеобразный характер, будучи осложненным двумя ледопадами. Граница между областями питания и абляции проходит по второму, верхнему ледопадку. Язык ледника окаймлен конечной и боковыми моренами, содержащими в своём ядре погребенный лед. Между языком ледника и валом конечной морены малоледникового периода находится ледниковое оз. Кашка-Тор (урез 3300 м), уровень воды значительно изменяется в течение года. Сток из оз. Кашка-Тор осуществляется путём перелива через проран во фронтальной морене и за счет фильтрации из-под неё с образованием ручейков, которые сливаются в общий поток и дают начало р. Кашка-Тор.

**Методы снегомерных работ и измерение осадков.** Наблюдения за снежным покровом осуществляются с целью получения информации о пространственном распределении снежного покрова, продолжительности его залегания, динамике его накопления и количестве образующейся весной талой снеговой воды, для их использования при подсчете баланса массы этих ледников. Снегомерные работы на ледниках нами выполняются в виде маршрутных снегоъемок.

Толщина снежного покрова определялась методом зондирования снеголавинным зондом. Для контроля толщины снежного покрова и определения плотности снега выполнена проходка шурфов. Плотность снега определялась с помощью стандартного весового снегомера плотномера ВС-43. Плотность снега в каждой точке ее определения вычислялась делением массы пробы снега на его объем. Объем

пробы снега равен произведению площади поперечного сечения цилиндра снегомера  $50 \text{ см}^2$  на высоту взятой пробы (отсчет по шкале цилиндра)  $50 \times h, \text{ см}^3$ . Исходя, из этого плотность снега вычисляется по формуле:

$$g = m/10 h,$$

где  $g$  – плотность снега,  $m$  – отсчет по линейке весов,  $h$  – средняя высота снежного покрова. Плотность вычисляется с точностью до сотых долей  $\text{г/см}^3$ , и деление  $m$  на  $10 h$  производится до третьего десятичного знака, а результат округляется до второго десятичного знака в полевом дневнике.

На леднике шурфы копались в 8 точках (снегопунктах) на высотах 3300-4100 м. Снегоъемка на языке леднике Кара-Баткак выполнялась с 2007 г., а с 2013 г. - по всей поверхности ледника. В камеральных условиях определялся запас воды в местах каждого снегопункта. При зондировании толщины снежного покрова ледников использованы требования инструкции по выполнению снегомерных работ по первому классу точности снегомерных работ, где на  $1 \text{ км}^2$  участка приходится 80 точек зондирования. В этом случае дистанция между точками зондирования составляет 80 м, что эквивалентно 100 шагам. Зондирование снежного покрова между ледопадами выполнялось только в доступных и безопасных местах. Для определения координат и высот снегопунктов применялся GPS-приемник. Снегомерные работы проводились на леднике Кара-Баткак в сезон максимального снегонакопления май-июнь и в начале осени, чтобы узнать остаток сезонного снега в верхней зоне ледника. Наряду со снегомерной съемкой выполнялась пылевая съемка, с отбором проб снега в шурфах на запыленность. Для измерения суточных осадков применялся осадкомер Третьякова, а сезонных – 3 суммарных осадкомера, установленные в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу. Верхний размещался на леднике Кара-Баткак на высоте 3500 м, средний - под ледником на морене 3300 м и нижний - на гидрометеостанции Чон-Кызыл-Суу на высоте 2555 м. Сня-

тые осадков с суммарных осадкомеров проводилось ежемесячно в теплое время года, в холодное время года - два раза - в октябре и в мае. Они состоят из коллектора, помещенного над воронкой, соединенной с контейнером, объем которого достаточен для сезонного сбора атмосферной влаги.

На гидрометеостанции Чон-Кызыл-Суу на высоте 2555 м с 2012 г. действует АМС Vaisala и Li-cor осадкомерами, а с 2017 г. АМС Campbell Scientific, снабженная ультразвуковым регистратором понижения тающей поверхности Sonic Ranger, видеокамерой, функционирующей в онлайн-режиме и Snow-Water Equiva lent sensor CPU - регистратор водного эквивалента снега. На высотах 3300 м в сентября 2016 была установлена автоматическая метеостанция WUSH-2010 с осадкомерами (Jiangsu Radio Scientific Institute Co., Ltd) на месте ранее существующей (1961-1983 гг.) МС Кара-Баткак УГМС Киргизской ССР. На леднике Кара-Баткак на высоте 3500 м в 2014 г. был установлен суммарный осадкомер, а в июле 2017 г. на высоте 3400 м - АМС Campbell Scientific, снабженная ультразвуковым регистратором понижения тающей поверхности Sonic Ranger и видеокамерой, функционирующей в on-line режиме.

**Результаты исследований.** В бассейне р.Чон-Кызыл-Суу наблюдается закономерное увеличение количества осадков по мере увеличения высоты в направлении от прибрежной зоны оз. Иссык-Куль к гляциально-нивальному поясу. Годовая сумма осадков в интервале высот от 1740 до 2555 м увеличивается на 27-28 мм на каждые 100 м, в интервале высот от 2555 до 3300 м градиент осадков составляет 17 - 18 мм/ 100 м (табл. 1).

В табл. 1 представлены данные распределения осадков в бассейне Чон-Кызыл-Суу. Основной источник прихода вещества на ледник – атмосферные осадки. Они с высотой возрастают, что объясняется условиями атмосферной циркуляции и общим законом понижения температуры воздуха (табл. 2).

Таблица 1.

Распределение осадков по месяцам в басс. р. Чон-Кызыл-Суу за 1956-1968 гг. в мм

Показатели осадков	Месяц												Количество осадков		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	В теплый период(%)	В холодный период (%)	За год (%)
м/с Кызыл-Суу (Н=1740 м)	17	18	24	33	49	49	53	51	37	35	26	19	308 (75)	104 (25)	412 (100)
м/с Чон-Кызыл-Суу (Н=2555 м)	15	18	29	47	89	105	107	92	56	37	26	17	449 (70)	188 (30)	637 (100)
м/с Кара-Баткак (Н=3300 м)	19	23	39	74	127	128	166	105	70	53	40	21	597 (69)	268 (31)	865 (100)

Таблица 2.

Годовые суммы осадков (мм) в высотных зонах в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу за 1956/57-1967/68 и 2013/14-2016-17 гг.

Балансовые годы	Осадки, мм			Балансовые годы	Осадки, мм	
	2150 м	2550 м	3300 м		2550 м	3300 м
1956/57	535	646	770	2007/08	537	
1957/58	570	773	913	2008/09	632	
1958/59	588	828	1036	2009/10	545	
1959/60	553	680	936	2010/11	614	
1960/61	515	594	665	2011/12	661	
1961/62	526	620	793	2012/13	628	
1962/63	542	708	815	2013/14	385	442
1963/64	757	883	1134	2014/15	690	726
1964/65	508	598	876	2015/16	764	1431
1965/66	564	754	1015	2016/17	580	730
1966/67	562	777	937	2017/18	565	824
1967/68	529	719	739			
Среднее	562	715	886		600	831

Наибольший вертикальный градиент осадков (на каждые 100 м подъема) наблюдается в нижней зоне бассейна в интервале высот 2150-2550 м, где он равен 38 мм, тогда как в поясе 2550-3300 м он снижается до 28 мм. Низкая величина градиента в верхнем интервале высот при подъеме к истокам рек глубокие ущелья, сменяются более широкими троговыми долинами, превышение гребней гор, окружающих долину над их днищами уменьшается и распределение осадков становится более однородным.

Количество осадков в 2007-2018 гг. в сравнении с 1956-1968 гг. значительно сократилось 16 % в лесной зоне, а нивально-гляциальной зонезначительно – 6 % (табл. 2). На рис. 2 показан тренд запасов воды в сезонном снеге на языке ледника Кара-Баткак в период 2007-2018 гг.

За последние 2015-2018 гг. количество запаса воды в сезонном снеге больше на 217 мм вод.эquiv., чем в 2007-2014 гг. На всей поверхности ледника запасы воды составили 510-594 мм вод.эquiv. в период 2015 -2018 гг.

В период с 2007 г. по 2018 г. запас воды в сезонном снеге на языке ледника (3300-3500 м) соста-

вил 310 мм вод.эquiv., в средней зоне (3600-4000 м) – 548, в зоне аккумуляции (>4100 м) - 801 мм вод. эquiv. Соответственно в зоне абляции - 446 мм вод. эquiv. аккумуляции - 801 мм. вод.эquiv. (табл. 3).

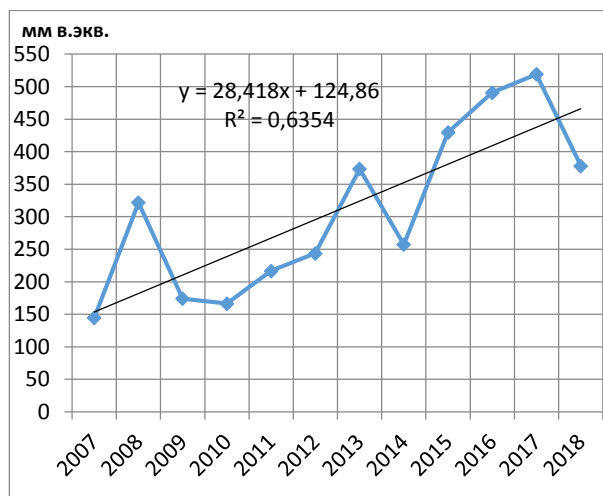


Рис. 2. Ход тренда запасов воды в сезонном снеге на языке ледника Кара-Баткак в период 2007-2018 гг.

Таблица 3.

Максимальный запас воды в снеге на леднике Кара-Баткак (мм.вод.эquiv.)

Высота, м	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
3317	148	249	150	209	202	254	338	236	422	456	513	331
3355	154	429	180	163	223	224	360	261	422	455	536	395
3427	132	287	192	127	225	253	422	275	445	561	508	408
3638								547	528	542	643	663
3690									656	470	702	471
3745								137	541	380	477	431
3988								181	580	585	544	585
4058									603	980	828	794

По снегомерным наблюдениям на леднике Кара-Баткак в период 2007-2018 гг. тах запас воды в снеге составил 446 мм вод.экв. в зоне абляции ледника и 801 мм вод.экв. в зоне аккумуляции, при среднем значении 490 мм вод.экв. Если принять испарение со снега, определенное расчетным методом 10 % от суммарных снегозапасов [9], то запасы воды в сезонном снеге составили 441 мм вод.экв., объем с учетом площади ледника составил 1102,5 тыс. м<sup>3</sup> снегового стока с ледника. Они приведены в водном эквиваленте снегозапасысезонного снега на леднике Кара-Баткак за 2013 - 2018 гг. по данным снегомерных съемок (рис.3). Самый большой запас воды в сезонном снеге отмечен в 2016/17 балансовом году.

За холодный период с 1 октября 2016 г. по 13 мая 2017 гг. на языке ледника Кара-Баткак накопилось 519 мм вод.экв. снега, а аккумуляция всего ледника достигла 560 мм в слое воды.

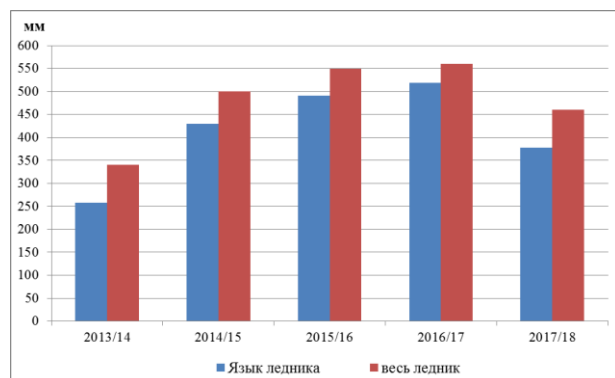


Рис. 3. Осредненные запасы воды в сезонном снеге на языке и в целом на всём леднике Кара-Баткак.

В 2017 г. наблюдался самый большой водозапас в сезонном снеге наряду с самой высокой температурой воздуха (5,4 °С) в абляционный период и самой большой абляцией ледника 3065 мм вод.экв. стал причиной самого большого после возобновления мониторинга слоя стока 10380 мм с ледника Кара-Баткак по гидрологическим данным [10].

За последнее десятилетие на язык ледника Кара-Баткак выпадало сезонных снега на 30 % меньше, нежели на начальный период наблюдения 1958-1968 гг. (рис.4). Особенно сильно в меньшую сторону отличалась аккумуляция в 2009-2012 гг. и в 2014 г. когда сезонный снегозапас был меньше 300 мм вод. экв. В течение первого периода, аккумуляция снега имеет тенденцию к снижению снегозапасов, тогда как за последние 2016-2017 гг. водозапас снежного покрова напротив тренд к росту.

Аналогичный тренд проявляется и при анализе суммарного количества осадков, выпавших на поверхность ледника Кара-Баткак отдельно в нижней и верхней частях языка на высотах, соответственно, 3300 и 3500 м (рис. 5).

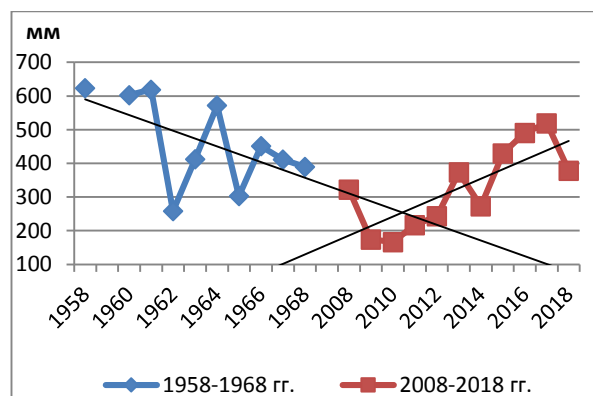


Рис. 4. Сравнительные значения среднемесячных запасов воды в сезонном снеге на языке ледника Кара-Баткак

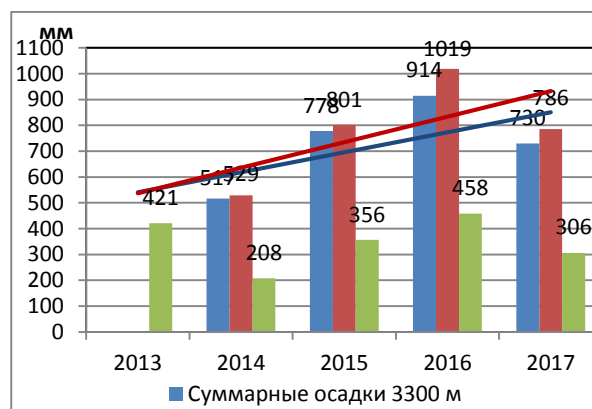


Рис. 5. Средние значения количества осадков в 2013/14, 2014/15, 2015/16 и 2016/17 балансовые годы и в абляционный период (июнь-сентябрь) на леднике Кара-Баткак

На той же диаграмме отдельно показано количество осадков, выпавших у края ледника только за сезон летнего половодья (июнь-сентябрь). Этот параметр привлекает к себе внимание по двум причинам. Во-первых, летние осадки имеют исключительную практическую важность для районов орошаемого земледелия, к которым относятся предгорья Тескей Ала-Тоо. Во-вторых, для Центральной Азии (как, впрочем, и для большинства внутриконтинентальных районов Земли) свойственно преобладание осадков тёплого периода в годовой сумме – это своего рода показатель степени континентальности района. Известно, что доля летних осадков здесь может доходить до 47 % [11].

Полученные на Кара-Баткак величины показывают, что среди других гляциологических объектов Внутреннего Тянь-Шаня Тескей Ала-Тоо как периферийный хребет этого сектора горной системы отличается пониженной долей летних осадков в годовой аккумуляции: в разные годы она варьирует от 39 до 67 % при среднем значении, даже не достигающем половину годовой (47,6 %). Следовательно,

условия Кара-Баткака можно признать не резко, а лишь умеренно континентальными.

После восстановления мониторинга наименее увлажненным из всех лет наблюдений был 2013/14 балансовый год. Осадки, отнесенные ко всему языку Кара-Баткака в высотном поясе 3300-3500 м, составили 523 мм, или 66 % нормы. Самым влажным в этой зоне был 2015/16 балансовый год, осадки которого составили 967 мм, или 122 % нормы. Амплитуда между экстремумами составила величину в 444 мм.

#### Выводы

1. По мере увеличения высоты увеличивается количество осадков. О росте количества осадков с высотой местности свидетельствуют и данные снегомерных съемок, полученные нами, начиная с 2013 г., в рамках проекта CHARIS.

2. Основная доля осадков на леднике Кара-Баткак приходится на летние месяцы - 44-47 %, на весну - 27-28 %, на осень - 18-20 %, на зиму -7-8 %.

3. За последнее десятилетие на язык ледника Кара-Баткак выпадало сезонных снега на 30 % меньше, нежели на начальный период наблюдения 1958-1968 гг.

4. В период 2014-2016 гг. разность суммарных осадков самого влажного 2016 г. и самого сухого 2014 г. составила 444 мм.

#### Литература:

1. Михайлова В.И. Распределение осадков в бассейне р.Чон-Кызыл-Суу//Изв. АН Киргиз.ССР, серия естеств. и техн. наук, т. 4, 1962. вып. 5 (водное хозяйство).
2. Пономаренко П.Н. Атмосферные осадки Киргизии. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 134 с.
3. Григорьев А.А. Осадки Чуйской долины. Сб. работ Фрунзенской гидрометеоро-логической обсерватории, вып. 1, Фрунзе. 1964.
4. Кузьмиченок В.А. Мониторинг водных и снежно-ледовых ресурсов Кыргызстана. Материалы Международного Семинара «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, Казахстан, 28-30 ноября 2006, С.178-196.
5. Денисов Ю.М. Метод расчета распределения снежного покрова в горах по данным аэрофотосъемок и температуре воздуха. Изв. АН УзССР, сер. техн., 6, 1963, С.73-79.
6. Геткер М.И., Шенцис И.Д. 1972. Принцип оптимального осреднения и его использование в гидропрогнозах и при реорганизации снегомерной сети. Труды САНИГМИ, 64 (145), С.41-50.
7. Геткер М.И., Щетинников А.С. 1992. Характер распределения твердых осадков и суммарной аккумуляции в горных районах Средней Азии. Труды САНИГМИ, 146 (227). С.23-35.
8. Глазырин Г.Е. Сведения о системе гидрометеорологического мониторинга в Узбекистане. Материалы Международного Семинара «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии». Алматы, Казахстан, 28-30 ноября 2006, С.178-196.
9. Диких А.Н., Михайлова В.Н. Режим ледников и водный баланс северного склона хр. Терской Ала-Тоо. М.: Наука, 1976, 131 с.
10. Satylkanov R. Ablation of Ice and Snow of Kara-Batkak Glacier and Its Impact on River Flow. *Journal of Climate Change*, Vol. 4, No. 2 (2018), pp. 1-14.
11. Сатылканов Р.А. Временная изменчивость атмосферных осадков Иссык-Кульской котловины. Вестник ЗабГУ. 2017. Т.23. № 10, 29-37 с.

Рецензент: д.г.-м.н., профессор Усупаев Ш.Э.