

DOI: 10.26104/NNTIK.2022.24.10.015

Эрменбаев Б.О., Чонтоев Д.Т., Сатылканов Р.А.

1965-2019-ЖЫЛДАР АРАЛЫГЫНДА ТЕСКЕЙ АЛА-ТОО КЫРКАЛАРЫНЫН МӨҢГҮЛӨРҮНҮН АЯНТЫНЫН ӨЗГӨРҮЛҮШҮ

Эрменбаев Б.О., Чонтоев Д.Т., Сатылканов Р.А.

ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЛЕДНИКОВ ХРЕБТА ТЕСКЕЙ АЛА-ТОО В ПЕРИОД С 1965 ПО 2019 ГОДЫ

B. Ermenbaev, D. Chontoev, R. Satylkanov

CHANGES IN THE AREA OF GLACIERS OF THE TESKEY ALA-TOO RIDGE IN THE PERIOD FROM 1965 TO 2019

УДК: 551.324.63

Макалада автордун жалпы тескей Ала-Тоо кыркасындагы мөңгүлөрдүн акыркы 50 жыл ичиндеги динамикасынын өзгөрүүсүн аныктоо боюнча изилдөөлөрүнүн натыйжалары келтирилген. Түндүк жана түштүк Тескей Ала-Тоо мөңгүлөрүнүн өзгөрүүсү өзүнчө каралган. Ошондой эле космостук сүрөттөрдүн жардамы менен аралыктан жана түздөн-түз аспаптар менен изилдөө ыкмалары менен акыркы учурдагы мөңгүлөрдүн артка чегинүүсү анализденген. 1965-жылдан тартып Чоң-Кызыл-Суу бассейнинин мисалында мөңгүлөрдүн аянты үзгүлтүксүз азайган, ошондой эле мөңгүлөрдүн артка чегинүүсү өзгөчө, акыркы 20 жыл ичинде көбөйгөн. Тескей Ала-Тоо кырка тоосунун мөңгүлөрүнүн мисалында алардын Борбордук Тянь-Шанда акыркы он жылдыктарда мөңгүлөрдүн аянтынын азайышынын күчөшү Кыргызстандын жана бүтүндөй Борбор Азиянын башка мамлекеттеринин калкы үчүн кооптуу сигнал болуп саналат жана гидроэнергетикалык ресурстар мөңгү менен тыгыз байланышта экени белгиленген.

Негизги сөздөр: мөңгү, аянт, артка чегинүүсү, космостук сүрөттөр, климаттын өзгөрүшү, бассейн.

В статье приводятся результаты исследований изменения площади ледников всего хр. Тескей Ала-Тоо за последние 50 лет. По отдельности рассмотрены изменения ледников северного и южного хр. Тескей Ала-Тоо. Анализированы данные скоростью линейного отступления опорных ледников района исследований за последних 50 лет полученные с методом инструментального и дистанционного зондирования с помощью космоснимков. Показано, что на примере бассейна р. Чоң-Кызыл-Суу с 1965 года площадь ледников непрерывно сокращалась, а отступление ледников особенно увеличилось в последние 20 лет. Показанные на примере ледников хребта Тескей Ала-Тоо их к усилению деградации оледенения в Центральном Тянь-Шане в последние десятилетия являются тревожными сигналами для населения Кыргызстана и других государств Средней и Центральной Азии в целом, в которых водные и гидроэнергоресурсы тесно связаны с оледенением.

Ключевые слова: ледник, площадь, отступление, космические фотографии, изменение климата, бассейн.

The article presents the results of research into the dynamics of changes in the area of glaciation of the northern (Chon-Kyzyl-Suu river basin) and southern Teskey Ala-Too ridge over the past 50 years. The data on the rate of linear retreat of the reference glaciers of the research area for the last 50 years, obtained with the method of instrumental and remote sensing using satellite images, have been analyzed. It is shown that since 1965 the area of glaciers in the Chon-Kyzyl-Suu river basin has been continuously decreasing, and the retreat of glaciers has especially increased in the last 20 years. Shown on the example of the glaciers of the

Teskey Ala-Too ridge, their increase in the degradation of glaciation in the Central Tien Shan in recent decades are alarming signals for the population of Kyrgyzstan and other Central Asian states as a whole, in which water and hydropower resources are closely related to glaciation.

Key words: glacier, area, retreat, space photos, climate change, swimming pool.

Введение. Тескей Ала-Тоо один из крупнейших хребтов Тянь-Шаня. Он расположен в Северном Тянь-Шане, вытянут в широтном направлении на 400 км, и окаймляет Иссык-Кульскую котловину с юга.

Тескей Ала-Тоо (рис. 1) – крупный узел оледенения, насчитывающий 1375 ледников общей площадью почти 1120 км² [1, с. 24-42], каталог RGI [2017] содержит примерно 1000 ледников, занимающих площадь 700 км². На северном склоне расположено ≈55% оледенения, на южном – ≈45%. По ходу хребта выделяются два центра оледенения: в районе истока рек Караколка – Джеты-Огуз и р. Конурулен. Имеющиеся в ледниках водные ресурсы определяют уровень озера Иссык-Куль и используются в сельском хозяйстве.

Климатические условия южного склона хребта Тескей Ала-Тоо более суровые, чем на его северном склоне. Ледники северного склона хребта Тескей Ала-Тоо сосредоточены в интервале высот от 3000 до 5000м. Но большая их часть (95%) приходится на высотный интервал 3300-4500 м [2]. Ледники южного склона хребта Тескей Ала-Тоо находятся в высотном интервале 3900-4600 м.

Автором были оцифрованы и проанализированы пространственные изменения всего оледенений хребта Тескей Ала-Тоо с 1999 г. по 2019 г, с использованием архивных материалов и с помощью космических снимков. Для опорного ледника Кара-Баткак за периоды с 1950-60-х годов по 1977 г. и с 1999 г. по 2019 г. Определяемые параметры – площадь и колебания конца языка – приведены далее с учетом погрешностей. Для периода с конца 1950-х - начала 1960-х по 1977 гг. изменения геометрических характеристик ледника Кара-Баткак также основывались на дополнительных

источниках информации в виде топографических карт, составленных в 1950-е годы, и литературных источниках [3, с. 101].

Материалы и методы исследования. Для получения картины изменения оледенения на территории хр. Тескей Ала-Тоо автором были использованы следующие космоснимки: Landsat -5 1999, Landsat-7 1999-2000 гг., Landsat-8 2019 г, Sentinel-2 2019-2020, SkySat 2018 г. и SRTM, полученные с сайта Геологической Службы США USGS [4]. В работе использовались спутниковые изображения на период максимума абляции и минимума облачности.

В процессе дешифрирования исходные снимки Landsat 7, Landsat 8 и Sentinel-2 были преобразованы в композиции RGB с различными комбинациями каналов. При этом использовалась комбинация каналов 5, 6, 4 - ближнего, среднего инфракрасных каналов и красного видимого канала. Далее, разрешение полученных изображений было увеличено до 10 м/пиксель с помощью 8-го панхроматического канала.

Чтобы определить точность ручного дешифри-

рования границ ледников, автором была выполнена повторная обрисовка нескольких ледников, в том числе, и стационарного ледника Кара-Баткак, на изображениях разного типа. Например, для определения границы ледников по состоянию одного года использовались несколько снимков с разными датами съемки. Таким образом, в процессе наведения максимально точной границы ледников было установлено, что погрешность определения их площади составляет менее 5%.

Результаты. В результате дешифрирования космоснимков автором было выявлено, что в 1999 году в хр. Тескей Ала-Тоо было 1103 ледника суммарной площадью 983 км², а в 2019 году количество ледников составило 1107 суммарной площадью 877 км². Таким образом, в период с 1999 по 2019 год площадь оледенения хребта Тескей Ала-Тоо сократилась на 11%. В 1999 г. ледники площадью 1 км² и меньше занимали 30% общей площади оледенения. Из-за уменьшения размеров малых ледников общая площадь оледенения этого хребта уменьшилась на 15% в то время, как суммарная площадь ледников более 1 км² сократилось на 9% (табл. 1).

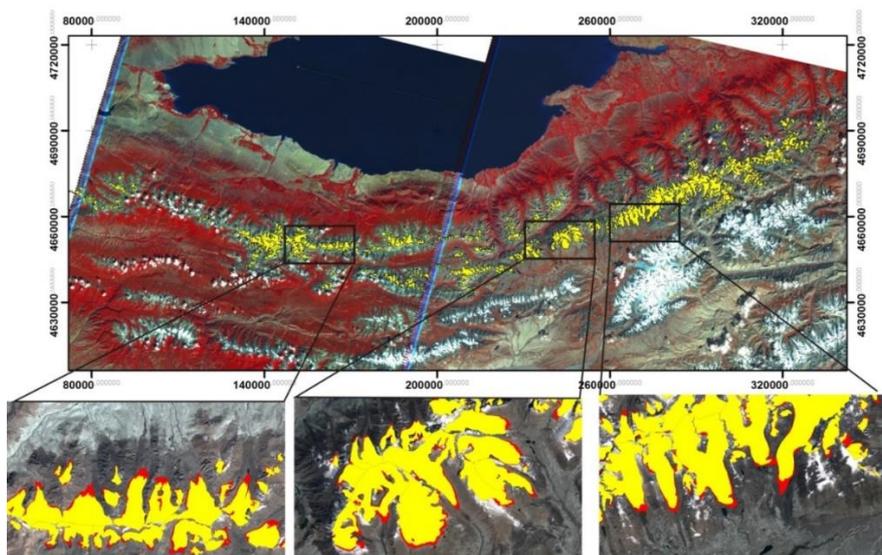


Рис. 1. Изменение размеров ледников хр. Тескей Ала-Тоо в период с 1999 по 2019 г., по данным дешифрирования космоснимков. Красным цветом выделены площади ледников в 1999 г, желтым цветом - в 2019 г.

Таблица 1

Сокращение числа и площади ледников в период 1999-2019 гг. в зависимости от их размеров

Размеры ледников по их площади, км ²	Количество/площадь, км ²		Сокращение площади, % 1999/2019
	1999	2019	
< 1	866/325	859/277	15
1>	237/658	248/600	9
Всего	1103/983	1107/877	10,5

Примечание: Незначительное увеличение количества ледников (со 1107 до 1103) к концу рассматриваемого периода произошло за счет дробления более крупных ледников на более мелкие в связи с распадом оледенения, происходящего в связи с глобальным потеплением.

Темпы сокращения ледников южного и северного хр. Тескей Ала-То различаются незначительно. Так, в период 1999-2019 гг. площадь оледенения на северном склоне хр. Тескей Ала-Тоо сократилась на 11%, на южном склоне - на 9%. В таблице 2 приводятся изменения ледников южного склона по 9-ти периодам с 1965-2019 гг.

Таблица 2

Сокращение числа и площади ледников южного склона хребта Тескей Ала-Тоо в период 1965-2019 гг. в зависимости от их размеров

№ ледника	Сокращение, площадь, км ²						Сокращение, площадь, % 1965-2019
	1965	1977	1990	1999	2006	2019	
317	26	24,9	24,5	24,4	24,8	23,7	9
324	-	5,8	5,5	5,4	5,3	4,9	-
326	6	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1	15
392	4,9	4,8	4,6	4,4	4,4	4,1	16
393	4	-	3,9	3,3	3,7	3,1	22
394	3,2	-	2,8	2,9	2,4	2,4	25
395	8,5	8,4	8	7,8	7,7	7,4	13
396	9,3	-	8,6	8,4	8	7,6	19
397	6,5	6,4	6,3	6,2	6	5,6	14
средн.	8,6	9,4	7,8	7,6	7,5	7,1	16,6

Примечание. Данные площади ледников южного склона хребта Тескей Ала-Тоо в 1965, 1977, 1990, 2006 гг. получены при обзоре работ Кутузова С.С.; по его же данным, ледники с площадью менее 1 км², начиная с 1965 г., сократились более, чем на 40% [5].

Приведенные в таблице 2 данные наглядно подтверждают, что в течение последних 60 лет ледники южного склона хребта Тескей Ала-Тоо сокращаются, и происходит это синхронно с отступанием ледников северного склона хребта. Наиболее значительному сокращению подверглись ледники площадью менее 5 км². Причем, ледники южного склона хребта Тескей Ала-Тоо сокращаются в размерах более интенсивно, чем ледники северного склона. Это наглядно просматривается и при сравнении ледников

южного склона с ледниками бассейна р. Чон-Кызыл-Суу, находящегося на северном склоне хребта. Общая площадь ледников южного склона хребта Тескей Ала-Тоо, по оценке 9 ледников этого склона, в период с 1965 по 2019 гг. сократилась на 9-25% от первоначальной их общей площади, что в зависимости от размеров ледников: до 25% произошло сокращение ледников площадью менее 5 км².

Таблица 3

Сокращение числа и площади ледников бассейна р. Чон-Кызыл-Суу в период 1965-2019 гг. в зависимости от их размеров

№ ледника	Сокращение площади ледников, км ²			Сокращение площади ледников, %		
	1965	1999	2019	1965-1999	1999-2019	1965-2019
243	0,7	0,6	0,5	14	17	29
244	0,9	0,6	0,5	33	17	44
245-248	1,3	0,8	0,7	38	12	46
249	1,4	1,2	1,1	14	8	19
250	1,8	1,6	1,5	12	6	17
253	1,7	1,2	1,1	29	8	25
254	2,8	2,6	2,5	7	4	11
255	3,1	2,4	2,3	23	6	26
256	3,2	2,8	2,6	13	7	19
257	3,1	2,7	2,5	13	7	19
260	3,8	2,8	2,7	26	4	29
261	1,1	0,9	0,9	18	1	19

265	3,2	2,6	2,4	18	8	25
267	5,9	5,6	5,3	5	5	10
268	0,7	0,4	0,4	43	0	43
средн.	2,3	1,9	1,8	20,4	7,3	25

Как показывают результаты дешифрирования основное сокращение площади происходит на нижнем конце языка ледника или линейное отступление ледника. На примере за последние 50 лет ежегодное отступление ледника Кара-Баткак увеличилось с 5,4 м до 8 метров, и особенно оно активизировалось в последние 20 лет [6].

Заключение и выводы. Полученные данные об изменениях оледенения хребта Тескей Ала-Тоо за последние 50 лет подтверждают усиливающийся в последние десятилетия распад оледенения Тянь-Шаня, что, безусловно, происходит в связи с глобальным потеплением. Темпы сокращения ледников южного и северного хребта Тескей Ала-Тоо незначительно различаются. В процентном выражении в период с 1999 по 2019 гг. общая площадь ледников северного склона хребта Тескей Ала-Тоо сократилась на 11%, ледников южного склона - на 9%. На этом сказалась экспозиция сравниваемых ледников (северная и южная), что связано различие по интенсивности поступающей на них солнечной энергии. Следуя этой логике, темпы сокращения ледников южного склона должны быть существенно большими, чем у ледников северного склона. Однако, согласно полученным результатам, мы видим противоположные показания. Это связано с различиями климатических условий в районах дислокации ледников на северном и южном склонах хребта Тескей Ала-Тоо: климатические условия южного склона хребта Тескей Ала-Тоо более суровые, чем на его северном склоне. Ледники северного склона этого хребта сосредоточены в интервале высот от 3000 до 5000 м. Но большая их часть (95%) приходится на высотный интервал 3300-4500 м. [2]. Ледники южного склона хребта Тескей Ала-Тоо находятся в высотном интервале 3900-4600 м. Высотные различия дислокации ледников северного и южного склонов хребта Тескей Ала-Тоо обусловлены различной интенсивностью протекающей абляции. Кроме того, закономерным является и такой фактор: чем крупнее ледник, тем в меньшей степени он подвергается деградации. Следует сказать, основное количество больших ледников хребта Тескей Ала-Тоо расположено на южном его склоне. Поэтому установленный факт замедлен-

ной деградации оледенения южного склона хребта Тескей Ала-Тоо в сравнении с оледенением северного склона хребта связан с доминированием по площади развития больших ледников на южном склоне этого хребта.

Показанные на примере ледников хребта Тескей Ала-Тоо их к усилению деградации оледенения в Центральном Тянь-Шане в последние десятилетия являются тревожными сигналами для населения Кыргызстана и других государств Центральной Азии в целом, в которых водные и гидроэнергоресурсы тесно связаны с оледенением. Все это говорит о неизбежной грядущей водно-энергетической катастрофе в этом регионе. В связи с этим архиважным является продолжение мониторинга ледников как в Кыргызстане, так и в других государствах Центральной Азии, и построение на основе этого прогнозов ледниковых изменений.

Литература:

1. Кузьмиченок В.А., Лю Шаохай. Распределение ледников и характеристика оледенения на Тянь-Шане. В кн.: Оледенение Тянь-Шаня. под ред. М.Б. Дюргерова. - М., 1995. - С. 24-42.
2. Бондарев Л.Г., Баков Е.К., Ден Янсинь. Общая характеристика Тянь-Шаньской горно-ледниковой системы. В кн.: Оледенение Тянь-Шаня. Под ред. М.Б. Дюргерова. - М.: Изд. ВИНТИ, 1995. - С. 6-28.
3. Забиров Р.Д., Книжников Ю.Ф. Фототеодолитная съемка ледников Тянь-Шаня в период МГГ. - Ф., 1962. - 101 с.
4. Геологической службы США USGS - <https://earthexplorer.usgs.gov>.
5. Кутузов С.С., Изменение площади и объема ледников хр. Тескей Ала-Тоо во второй половине XX в. / Лёд и снег. 2012. - №1 (117). - С. 5-14.
6. Эрменбаев Б. Линейное отступление и изменения площади ледника Кара-Баткак. / Известия ВУЗов Кыргызстана. - 2018. - №11. - С. 37-41.
7. Эрменбаев Б.О., Чонтоев Д.Т., Саякбаев Д.Д., Абдраев Ж.К., Омурбеков С. Современная эволюция ледников хребта Тескей Ала-Тоо за последние 50 лет. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021. - №. 4. - С. 39-43.
8. Дайыров М.А., Нарам Ч., Усуаев Ш.Э., Молдобеков Б.Д. Изучение высокогорных ледниковых озер северного склона Тескейского и Южного склона Кунгейского хребта с применением метода дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и наземным путем. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2019. №. 1. С. 17-23