

Эрменбаев Б.О., Чонтоев Д.Т., Саякбаев Д.Д., Абдраев Ж.К., Омурбеков С.

АКЫРКЫ 50 ЖЫЛ ИЧИНДЕ ТЕСКЕЙ АЛА-ТОО КЫРКАСЫНДАГЫ МӨҢГҮЛӨРДҮН ӨЗГӨРҮЛҮШҮ

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

B.O. Ermenbaev, D.T. Chontoev, D.D. Sayakbaev, J.K. Abdraev, S. Omurbekov

THE CONTEMPORARY EVOLUTION OF GLACIERS OF THE TESKEY ALA-TOO RIDGE OVER THE LAST 50 YEARS

УДК:551.324.63

Макалада автордун түндүк (Чон-Кызыл-Суу бассейнинин мисалында) жана түштүк тескей Ала-Тоо кыркасындагы мөңгүлөрдүн акыркы 50 жыл ичиндеги динамикасынын өзгөрүүсүн аныктоо боюнча изилдөөлөрүнүн натыйжалары келтирилген. Ошондой эле Космостук сүрөттөрдүн жардамы менен аралыктан жана түздөн-түз аспаптар менен изилдөө ыкмалары менен акыркы учурдагы мөңгүлөрдүн артка чегинүүсү анализденген. 1965-жылдан тартып Чон-Кызыл-Суу бассейниндеги мөңгүлөрдүн аянты үзгүлтүксүз азайган, ошондой эле мөңгүлөрдүн артка чегинүүсү өзгөчө, акыркы 20 жыл ичинде көбөйгөн. Өзгөчө түштүк тескей Ала-Тоо кыркасындагы жайгашкан мөңгүлөрдүн аянтынын азайуусу аныкталган. Тандалып алынган репрезентативдик Кара-Баткак мөңгүсүнүн мисалындагы масс балансы эсептөө жыйынтыктары көрсөтүлгөн.

Негизги сөздөр: мөңгү, тескей ала-тоо баланс массы, абляция, аккумуляция, артка чегинүүсү, космостук сүрөттөр, кара-баткак, климаттын өзгөрүшү, чон-кызыл-суу бассейни.

В статье приводятся результаты исследований за динамикой изменения площади оледенения северного (бассейна реки Чон-Кызыл-Суу) и южного хр. Тескей Ала-Тоо за последние 50 лет. Анализированы данные скоростью линейного отступления опорных ледников района исследований за последние 50 лет полученные методом инструментального и дистанционного зондирования с помощью космоснимков. Показано, что с 1965 года площадь ледников бассейна р.Чон-Кызыл-Суу северного склона непрерывно сокращалась, а отступление ледников особенно увеличилось в последние 20 лет. Значительные отступление ледников и сокращение их площади выявлено на южного склона хр. Тескей Ала-То. Приведены данные о балансе массы репрезентативного ледника Кара-Баткак за последние 60 лет как важнейший показатель изменения динамики ледника.

Ключевые слова: ледник, тескей ала-тоо, баланс массы, абляция, аккумуляция, линейное отступление, космоснимок, изменение климата, кара-баткак, бассейн чон-кызыл-суу.

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. Significant retreat of glaciers and reduction of their area was revealed on the southern slope of the Teskey Ala-Too ridge. The data on the mass balance of the representative Kara-Batkak glacier

for the last 60 years are presented as the most important indicator of the change in the glacier dynamics.

Key words: glacier, teskei ala-too, mass balance, ablation, accumulation, linear retreat, satellite image, climate change, karabatkak, chon-kyzyl-suu basin.

Введение. Современная эволюция оледенения хребта Тескей – Ала-Тоо изучалась и ранее, и делалось это прежде всего на примере отклика на климатические колебания репрезентативного ледника Кара-Баткак, находящегося на северном склоне хребта Тескей Ала-Тоо в бассейне реки Чон-Кызыл-Суу. По данным метеостанции с, на большей части в Кыргызстане. В Киргизском Тянь-Шаня среднегодовая температура воздуха увеличилось на 1,3⁰ С, до 15,⁰С за последние 60-90 лет повышалась параллельно с незначительными изменениями количества осадков [1,2,3]. А на леднике Кара-Баткак годовая температура на период 1961-2015 года увеличилась 1,25⁰С. Одновременно с этими процессами ледники Тянь-Шаня сокращались. Это начало проявляться со времени окончания малого ледникового периода, с середины 19-го столетия [4]. В последние десятилетия распад оледенения усилился [1, 5, 6, 3, 7, 8]. Научный интерес к проблеме распада оледенения в климато-зависящих районах Центральной Азии, связан, в первую очередь, с недостатком пресной воды. В связи с этим ученым, занимающимся прогнозированием оледенения и речного стока, требуются самые современные оценки динамики оледенения. Поэтому оценка изменений размеров горных ледников выступает на первый план.

В данной статье приводятся результаты расчета баланса массы полученного путем наземного мониторинга ледника Кара-Баткак, начиная с 1960 годов, результаты такого рода мониторинга этого ледника за последние 7 лет получены при непосредственном участии автора, а также результаты дистанционного зондирования оледенения хребта Тескей Ала-Тоо за последние 50 лет.

Целью данной работы является оценка современного состояния и эволюции ледников хребта Тескей Ала-Тоо за последние 50 лет с помощью космических снимков, сравнение с данными Каталога

ледников СССР 1960-х годов и с данными предыдущих исследователей. Автор статьи считает важным сохранение наземного мониторинга и систематизации ледников такого обширного района оледенения на территории Кыргызстана, как Тескей Ала-Тоо. Это мотивировано тем, что ледники, с одной стороны, являются индикаторами изменения климата, с другой – важными источниками питания рек, обеспечивающие водой не только Кыргызстан, но и многие другие страны Центральной Азии.

Материалы и методы исследования. Для анализа изменений площади ледников были использованы следующие материалы: 1) аэрофотоснимки в цифровом формате TIFF высокого разрешения, охватывающие период с 1967, 1977, 1988 гг.; 2) топографические карты масштаба 1:25000 для восточной части хр. Теркей Ала-Тоо по состоянию на 1965-1977 гг.; 3) космические снимки Landsat TM, ETM+ Landsat 1-5

1977 г., Landsat-5 1990-2006 г., Landsat-7 1999-2000 гг., Landsat-8 2017 г., Skysat-2018 г., Sentinel-2 2019, 2020 г. (разрешение использованных космоснимков – 3, 10, 15 и 30 метров/пиксель). Дешифрирование космоснимков ледников с использованием выше перечисленных материалов проводилось с помощью программы ArcMap_10. Чтобы определить точность ручного дешифрирования 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%. Районы исследования показаны на рисунках 1 и 2.

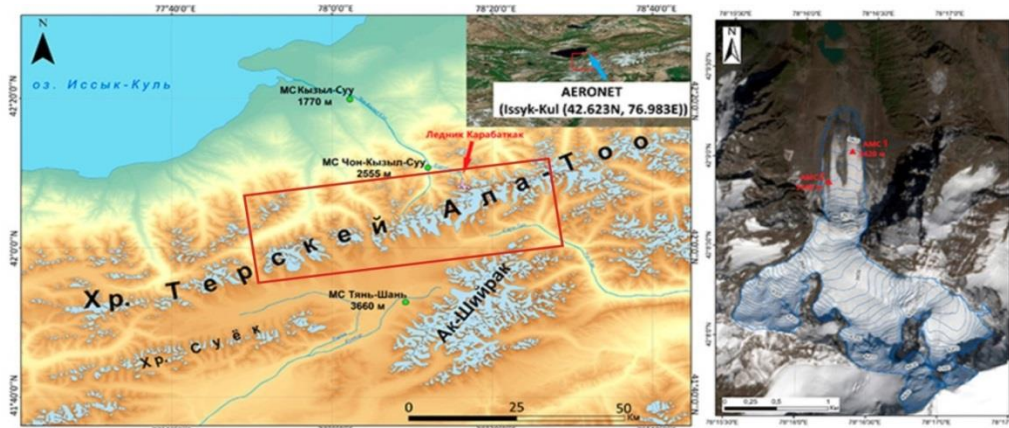


Рис. 1,2. Слева (рис. 1): Район исследования – хребет Тескей Ала-Тоо во Внутреннем Тянь-Шане. На врезке регион исследований выделен красной рамкой. Красной стрелкой указан репрезентативный ледник Кара-Баткак, расположенный на северном склоне хребта Тескей Ала-Тоо. Справа (рис. 2): космический снимок ледника Кара-Баткак. Изогипсы проведены через 20 м. Красные треугольники указывают на месторасположение автоматических метеостанций (AMC1, 3420 м над у.м. и AMC2, 3460 м над у.м.)

Полученные результаты. В 1960-е годы прошлого столетия в бассейне р. Чон-Кызыл-Суу (а это на северном склоне хребта Тескей Ала-Тоо) ледников было в количестве 30 шт. [9]. Для анализа изменения площади этих ледников выбраны те из них, которые имеют площадь более 0,5 км². Начиная с 1960-х годов прошлого столетия ледники с площадью менее 0,5 км² уже либо полностью исчезли, либо имеют площадь

менее 0,2 км². По этой причине нет смысла их дешифрировать с целью оценки динамики их изменения. По результатам дешифрирования космо и аэрофотоснимков было установлено, что площадь оледенения бассейна р. Чон Кызыл-Суу в 1965 г. составляла 34,5 км²; в 1999.- 28,7 км², в 2019- 27 км². Расчет показал, что площадь оледенения бассейна этой реки в период с 1965 по 1999 г. сократилась в среднем на 17%, с 1999 по 2019 г. - на 6%, с 1965 по 2019 г. - на 22% (табл. 1).

Таблица 1

Сокращение числа и площади ледников бассейна р. Чон-Кызыл-Суу северного хребта тескей Ала-Тоо в период с 1965 по 2019 г. в зависимости от их размеров

№ Ледника	Сокращение, площадь, км ²			Сокращение, площадь, %		
	1965	1999	2019	1965/1999	1999/2019	1965/2019
243	0,7	0,6	0,5	10	17	25
244	0,9	0,6	0,5	27	20	41
245-248	1,3	0,8	0,7	38	12	46
249	1,4	1,2	1,1	12	8	19

250	1,8	1,6	1,5	12	6	17
253	1,7	1,2	1,1	27	13	36
254	2,8	2,6	2,5	8	4	12
255	3,1	2,4	2,3	23	3	25
256	3,2	2,8	2,6	13	5	18
257	3,1	2,7	2,5	11	8	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	20	8	25
267	5,9	5,6	5,3	6	4	10
268	0,7	0,4	0,4	38	0	38
сумма	34,5	28,7	27	17	6	22

Для оценки динамики деградации ледников южного склона хребта Тескей Ала-Тоо были выбраны 11 ледников. В качестве основных объектов мониторинга были выбраны ледники Чон-Котур (№395) и Ашуу-

Тор (№324). Это было сделано при детальном наземном мониторинге ледников в рамках программы КГК с 2014 года (Соглашение ИВПиГЭ и КГК 2014). (табл. 1 и 2, рис. 3 и 4).

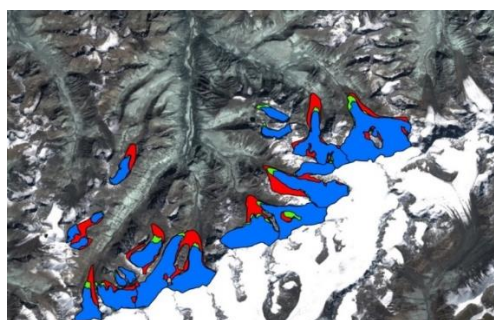


Рис. 3. (слева) Изменение размеров ледников бассейна реки Чон-Кызыл-Суу северного склона восточной части хр. Терскей Ала-Тоо (фрагмент). Границы, выделенные красным цветом, - по состоянию на 1965 г., зеленым цветом – по состоянию на 1999 г.; синим цветом – по состоянию на 2019 г.

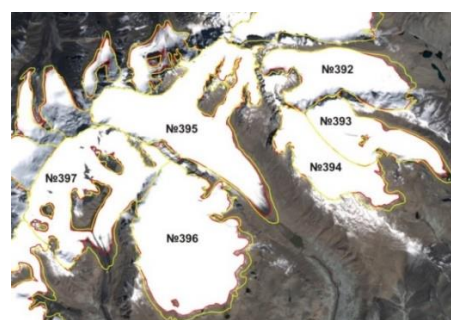


Рис. 4. (справ) Изменение размеров ледника Чон-Котур (№395) и близлежащих к нему ледников восточной части южного склона хр. Терскей Ала-Тоо (В качестве основы использован космоснимок Sentinel-2 с датой съемки - август 2019 г.)

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
319				9,38		8,94	-
321				11,2		11,1	-
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

Примечание. Данные по площади ледников южного склона хребта Тескей Ала-Тоо за 1965, 1977, 1990, 2006 гг. получены по данным Кутузова. С.

Ледники южного склона хребта Тескей Ала-Тоо, как и на северном его склоне (на примере бассейна р. Чон-Кызыл-Суу), также активно сокращаются, и это происходит более интенсивно, чем на северном склоне. Площадь ледников южного склона хребта Тескей

Ала-Тоо в период с 1965 по 2019 гг. сократилась на 9-25% от первоначальной их общей площади, что в зависимости от размеров: до 25% произошло сокращение ледников площадью менее 5 км², а в 9% более 5 км² (табл. 2).

Для анализа отступления ледников хребта Тескей Ала-тоо автором были проведены детальные анализы на репрезентативной леднике Кара-Баткак (северный склон хребта) и ледников Чон-Котур и Ашуу-Тор (южный склон хребта). Полученные сравнительные данные приведены на рисунке 6. Линейное отступление языка ледника Кара-Баткак в период с 1967 по

2019 год составило 438 метров за последнее 50 лет ежегодное отступление ледника Кара-Баткак увеличилось с 5,4 м до 8 метров, и особенно это активизировалось в последние 20 лет. Ледник Ашуу-Тор в период 1999-2019 гг. отступил на 211 м., ледник Чон-Котур - на 213 м., ежегодное их отступление составило порядка 11 м. (рис. 6)

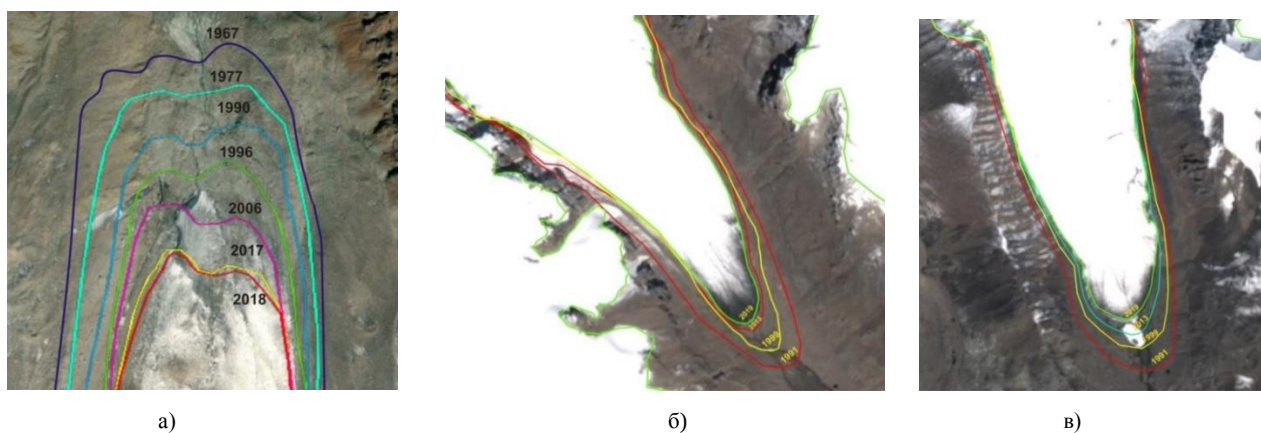


Рис. 6. а) Линейное отступление языка ледников, (а) Кара-Баткак; (б) Чон-Котур; (в) Ашуу-Тор (справа) в 1999 и 2019 гг.

На рисунке 4 приведен график, показывающий динамику и тренд изменения баланса массы ледника Кара-Баткак за весь период его измерения, начиная с

1957 по 2019 год, результаты которого отправляются Всемирной службе мониторинга ледников (Цюрих, Швейцария) [10].

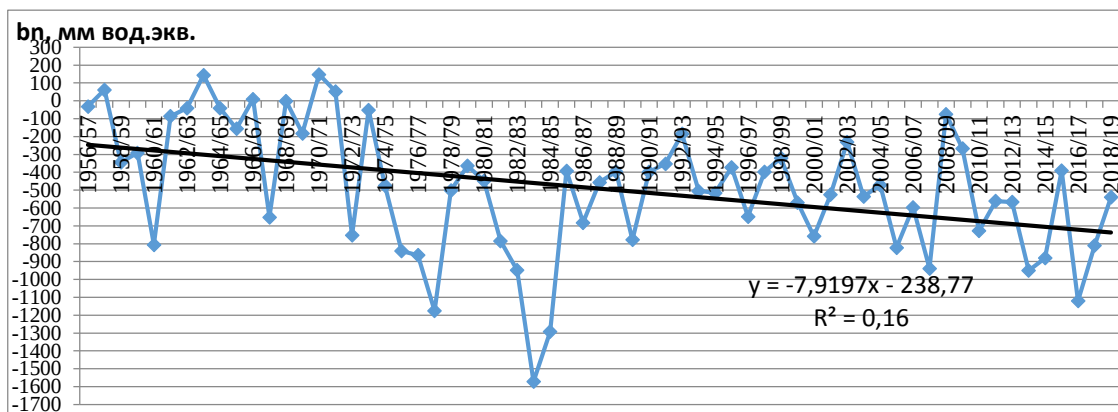


Рис. 4. Баланс массы ледника Кара-Баткак за 1957-2019 гг.: фактические измерения 1956/57-1997/98 и 2013/14-2018/19; результаты реконструкции 1998/99-2012/13 балансовые годы (Губанов А.С., 2019).

Судя по нисходящему тренду баланса массы ледника Кара-Баткак, в настоящее время он продолжает сокращаться, что наглядно подтверждается нашими натурными обследованиями этого ледника. В контексте с этим представляется несколько странным тот факт, что средние многолетние величины (нормы) стока главных рек Центральной Азии, в том числе Амударьи, Сырдарьи, Или за последние полвека, как минимум, оставались устойчивыми [11, 12, 13, 14]. В течение того же периода, несмотря на значимое сокращение годовой аккумуляции снега на ледниках Тянь-

Шаня [15], нормы атмосферных осадков и максимальных снегозапасов в зоне формирования стока также оставались сравнительно неизменными [13, 14, 15, 16, 12, 17]. Не изменилось за этот период и внутригодовое распределение стока [18]. Все это дает основание предположить наличие в природе некоего компенсационного механизма. Однако этот механизм будет срабатывать только до неизбежного грядущего переломного момента, когда в связи со значительным уменьшением размеров ледников будет снижаться и его ледниковый сток.

Заключение. Полученные данные об изменениях оледенения северного и южного склонов хребта Тескей Ала-Тоо и баланса массы ледников северного склона хребта (на примере ледника Кара-Баткак) за последние 50 лет подтверждают усиливающийся в последние десятилетия распад оледенения Тянь-Шаня, что, безусловно, происходит в связи с глобальным потеплением. За весь период наблюдений за ледником Кара-Баткак (с 1956 года по настоящее время) баланс его массы был преимущественно отрицательным. Начиная с 70-х годов прошлого столетия тренд его изменения баланса массы в сторону отрицательных значений заметно усиливается. Начиная с середины 60-х годов прошлого столетия наблюдается тенденция к усилению темпов отступления ледника Кара-Баткак, и к настоящему времени площадь всего оледенения бассейна реки Чон-Кызыл-Суу уменьшилась на 22%, а площадь репрезентативного ледника Кара-Баткак уменьшилась на 25%. Наиболее интенсивно отступают ледники южного склона хребта Тескей Ала-Тоо, что связано с южной экспозицией находящихся там ледников.

Показанные на примере ледников хребта Тескей Ала-Тоо их интенсивное отступление и усиливающаяся в последние десятилетия тенденция этого процесса являются тревожными сигналами для населения Кыргызстана и других государств Средней и Центральной Азии в целом, в которых водные и гидроэнергоресурсы тесно связаны с оледенением, о грядущей неизбежной водно-энергетической катастрофе. В связи с этим архиважным является продолжение мониторинга ледников как в Кыргызстане, так и в других государствах Средней и Центральной Азии и построение на основе этого прогнозов ледниковых изменений.

Литература:

1. Болх Т., Марченко С.С. Значение ледников, каменных глетчеров и богатой льдом мерзлоты Северного Тянь-Шаня как водонапорной башни в условиях изменения климата Снежно-ледовые и водные ресурсы высоких гор Азии: Материалы Междунар. семинара Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии. 28-30 ноября 2006 г. / Ред. И.В. Северский. - Алматы, 2007. С. 215-229.
2. Aizen V.B., Aizen E.M., Melack J.M. Precipitation, melt and runoff in the northern Tien Shan// Journ. of Hydrology. 1996. V. 186. P. 229-251.
3. Bolch T. Climate change and glacier retreat in northern Tien Shan (Kazakhstan Kyrgyzstan) using remote sensing data // Global and Planetary Change. 2007. V. 56. P. 1-12.
4. Solomina O., Barry R., Bodnya M. The retreat of Tien Shan glaciers (Kyrgyzstan) since the Little Ice Age estimated from aerial photographs, lichen metric and historical data Geogr. Annals. A. 2004. V. 86. P. 205-216.
5. Кутузов С.С. Изменение площади и объема ледников хр. Терскей Ала-Тоо во второй половине XX в. // Лёд и Снег. 2012. № 1 (117). С. 5-14.
6. Aizen V.B., Kuzmichenok V.A., Surazakov A.B., Aizen E.M. Glacier changes in the Tien Shan as determined from topographic and remotely sensed data // Global and.
7. Ding Y., Liu S., Li J., Shangguan D. The retreat of glaciers in response to recent climate warming in western China, Annals of Glaciology. 2006. V. 43. P. 97-105.
8. Эрменбаев Б., Ерохин С. Скорости линейного отступления и факторы регресса горно-долинных ледников Тянь-Шаня. ASA Regional Workshop on Roles of Academies of sciences Water and energy problems 2011. P. 95-98
9. Каталог ледников СССР, Том 14, Вып.2, Ч.5. 58-59 с.
10. Всемирный каталог л-в <http://wgms.ch/latest-glacier-mass-balance-data/>
11. Aizen V.B., Aizen E.M., Malock J.M., Dozier J. 1997 Climate and Hydrologic Changes in the Tien Shan, Central Asia. //Journal of Climate, Vol. 10, # 6, pp.1393 1404.
12. Глазырин Г.Е. Сведения о системе гидрометеорологического мониторинга в Узбекистане. Доклад на Международном семинаре «Оценка снежно-ледовых и водных ресурсов Азии. - Алматы, 2006. - 28-30 ноября.
13. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, 2000. - 252с.
14. Severskiy I.V., Kokarev A.L. Severskiy S.I., Tokmagambetov T.G., Shagarova L.V., Contemporary and prognostic changes of glaciation in Balkhash Lake basin. Almaty. 68p.
15. Котляков В.М. Снежный покров и ледники Земли. Избранные сочинения. Книга. - М.: «Наука», 2004. - 447 с.
16. Благовещенский В.П., Пиманкина Н.В. Колебания снежности в горных районах Юго-Восточного Казахстана // Гидрометеорология и экология., 1997. - №3. - С.187-197.
17. Артемьева С.С., Царев Б.К. Климатические изменения зимнего периода в горах Западного Тянь-Шаня. «Риск-2003», Ташкент, 2003. - С.138-142.
18. Пиманкина Н.В. Тенденции изменения характеристик снежности казахстанской части Тянь-Шаня за последние 30 лет // Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. Алматы, 1998. - С.75-79.