

УДК 551.324

З.С. Усманова *

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДНИКОВ БАСЕЙНА РЕКИ ТЕКЕС
(КИТАЙСКАЯ ЧАСТЬ БАСЕЙНА РЕКИ ИЛИ) ПО ДАННЫМ
КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА***ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ, КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ,
ПЛОЩАДЬ И ОБЪЕМ ЛЕДНИКОВ, МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ТИП
ЛЕДНИКА, ТЕМПЫ ДЕГРАДАЦИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ*

Составлен Каталог оледенения бассейна реки Текес по состоянию на 2011 год по данным космических снимков. Определены морфометрические характеристики ледников и проведено дешифрирование моренных комплексов. Проведено сравнение параметров оледенения с данными первого Каталога ледников, оценены темпы деградации оледенения рассматриваемого бассейна.

Проблема водной безопасности на протяжении последних десятилетий остается одной из главных приоритетов мирового сообщества. Она особенно актуальна в аридных районах мира, в числе которых находится и территория стран Центрально-Азиатского региона. Острота проблемы здесь в значительной мере определяется тем, что главные реки региона носят трансграничный характер.

Сложность управления трансграничными водами определяется различием сопредельных стран по природным условиям, экономическому развитию, законодательству, политической ориентации, межотраслевым интересам. Это является нередко причиной возникновения напряженности межгосударственных отношений [2, 13, 14].

Примером в этом отношении является Балхаш-Алакольский бассейн, главной водной артерией которого является трансграничная река Или. Большая часть территории бассейна расположена в пределах Казахстана, но подавляющая часть годового стока реки (более 70 %) формируется на территории Китая.

* Институт географии, г. Алматы

Как и в целом в Центральной Азии, практически все возобновляемые водные ресурсы Балхаш-Алакольского бассейна формируются в горах. Подавляющая их часть (более 70 %) формируется талыми снеговыми и ледниковыми водами. При этом доля ледниковой составляющей в стоке вегетационного периода возрастает здесь до 50 %. По сути, именно ледниковый сток составляет основу сложившейся в Центрально-Азиатском регионе системы орошаемого земледелия и является гарантом относительно устойчивой экологической, водной и продовольственной безопасности стран региона [7]. В этой связи проблема оценки современных и прогнозных изменений ледниковых ресурсов приобретает особую актуальность. Для территории казахстанской части бассейна эти изменения оценены на основе сравнительного анализа унифицированных каталогов ледников Илейско-Кунгейской (Заилийско-Кунгейской) и Джунгарской ледниковых систем, составленных в Институте географии МОН РК соответственно на 6 и 4 разных лет периода с 1955/56 по 2008 гг. [13, 14, 15]. Для территории китайской части бассейна существует лишь один каталог, составленный по материалам аэрофотосъемки 1963 г. [11], данные которого не позволяют оценить упомянутые изменения. Для решения задачи в рамках тематических работ лаборатории гляциологии казахстанского Института географии составлен новый каталог ледников для одной из пяти составляющих реки Или – реки Текес (Сев. Тянь-Шань, Китай).

Территория китайской части бассейна реки р. Или складывается из 5 бассейнов ее основных притоков: Хоргос, Каш, Кюнес, Коксу и Текес. Вследствие того, что почти все хребты западной части Восточного Тянь-Шаня ориентированы субширотно, главные долины основных рек бассейна полностью или частично приурочены к понижениям между ними. К типично продольным долинам можно отнести долины рек Каш и Кюнес, верховья реки Кексу, среднюю часть реки Текес, а также верховья реки Или.

Река Текес, исток которой принято считать началом р. Или, берет начало на территории Казахстана. В пределах Китая большая часть долины реки приурочена к понижению между хребтами Кетмень и Нарат. Хребет Кетмень на севере отделяет долину р. Текес от долины р. Или и имеет максимальную высоту 3745 м. Он полностью лишен оледенения. Притоки, берущие начало на склонах хребта маловодны и имеют, преимущественно, снежно-дождевой тип питания. Основное питание р. Текес получает за счет правых притоков, берущих начала с ледников хребтов Нарат и Халыктау.

Верховья крупнейших притоков р. Текес – Агияз и Кексу – расположены между сблизившимися хребтами Халыктау и Нарат. Закрытые на востоке поперечными водораздельными хребтами и обращенные на запад и северо-запад, их бассейны представляют собой своего рода орографические ловушки для влагоносных воздушных масс с запада. Такая ориентация долин типична для западного района Восточного Тянь-Шаня и способствует увеличению атмосферных осадков, создавая тем самым благоприятные условия для существования ледников. К долинам подобного типа относятся также долины рек Большой Джиралан (приток р. Текес), Каш и Кюнес. После слияния рек Каш и Текес река получает название Или [5, 10].

Изучение состояния и динамики ледникового покрова в бассейне р. Текес основано на анализе данных дистанционного зондирования. Для исследования и каталогизации ледниковых систем исходный материал обрабатывался с помощью ГИС-программ: MapInfo и ArcGIS.

Для получения истинных данных о ледниковых системах важно качество и сезон съемки. Дополнительные трудности отбора космических снимков для исследуемой территории вызываются возможностью дешифрирования ледников лишь в период максимальной абляции, т.е. с конца августа до начала сентября каждого года. Проблемой становится и отбор снимков с наименьшим количеством облачного покрова. По характеристикам, предъявляемым к космоснимкам, рабочими считаются снимки с облачным покровом до 25 %. К сожалению, чаще всего облачный покров распространен над высокими частями гор и закрывает ледниковые системы. В этом отношении космические снимки Landsat 7 ETM+ являются наиболее подходящими для дешифрирования, поскольку путем выбора каналов можно избавиться от «засорения» снимка облачностью. В архиве данных Landsat было найдено совсем немного снимков, удовлетворяющих этим требованиям [1, 3].

Новый каталог ледников по состоянию на 2011 г. составлен на основе обработки космических снимков Landsat 7 ETM+ и ASTER с наземным разрешением 30 и 15 м, с привязкой к системе координат WGS84. Для вычисления статистических характеристик рельефа и определения морфологических типов ледников использовались топографические карты и цифровые модели рельефа ASTER GDEM в географической системе координат (широта/долгота) и разрешением 1 угловая секунда (примерно 30 м) [12].

При составлении ГИС-карт оледенения бассейна р. Текес использовались следующие космические снимки: Landsat 7 ETM + с наземным раз-

решением 30 м и 15 м (даты съемки 07.08.2009, 04.08.2011, 05.09.2011, 12.09.2011, 13.09.2011, 20.09.2011.); ASTER с наземным разрешением 15 м (дата съемки 06.08.2006, 17.08.2010, 06.08.2011). Также использовались топографические карты разных масштабов. Динамика оледенения изучаемого района, получена путем сравнения данных с материалами каталога ледников Китая, составленного по материалам аэрофотосъемки 1963 г. [11].

Векторизация контуров ледников выполнена вручную по растровой подложке. Сопоставление контуров ледников за разные даты съемки исследуемой территории позволило надежно определить границы ледников. Помимо картографирования границ ледников и определения их морфометрических характеристик проведено также дешифрирование моренных комплексов, имеющих отчетливые дешифровочные признаки (светлый тон окраски и как следствие хорошую выраженность в рельефе) [4].

Методика расчета объема ледников внутриконтинентальных ледниковых систем построена на зависимости между средней толщиной и площадью ледника [11]. В первом приближении объем погребенного льда у ледников вычисляется по зависимости между площадью открытого и погребенного льда с введением коэффициента перевода средней толщины открытой части ледника в толщину «мертвого» погребенного льда. Расчеты объемов погребенного льда следует считать ориентировочными, так как достаточно точно определить площади погребенного льда пока не возможно [9]. Морфологический тип и экспозиция ледников определялись согласно классификации, рекомендованной «Руководством по составлению Каталога ледников СССР» [6].

В бассейне р. Текес в 2011 г было зарегистрировано 947 ледников (рис. 1). Общая площадь открытой части всех ледников составляет $697,35 \text{ км}^2$, объем льда – $46,19 \text{ км}^3$, площадь морен – $394,98 \text{ км}^2$, объем погребенного льда – $8,96 \text{ км}^3$. Для сравнения в Каталоге [11] по состоянию на 1963 г. зафиксировано 816 ледников с общей площадью открытой части $1027,58 \text{ км}^2$ и объемом льда $85,35 \text{ км}^3$. За 48 лет оледенение бассейна р. Текес сократилось на $330,23 \text{ км}^2$ (на 32,1 %), теряя в год по $6,9 \text{ км}^2$ (по 0,67 %) своей площади. Объем льда открытых частей ледников за исследуемый период уменьшился на 45,9 % (0,96 % в год).

Увеличение количества ледников в бассейнах происходит за счет того, что в процессе деградации крупные ледники распадаются на более мелкие, часто другого морфологического типа (как правило, в сторону упрощения) [4].

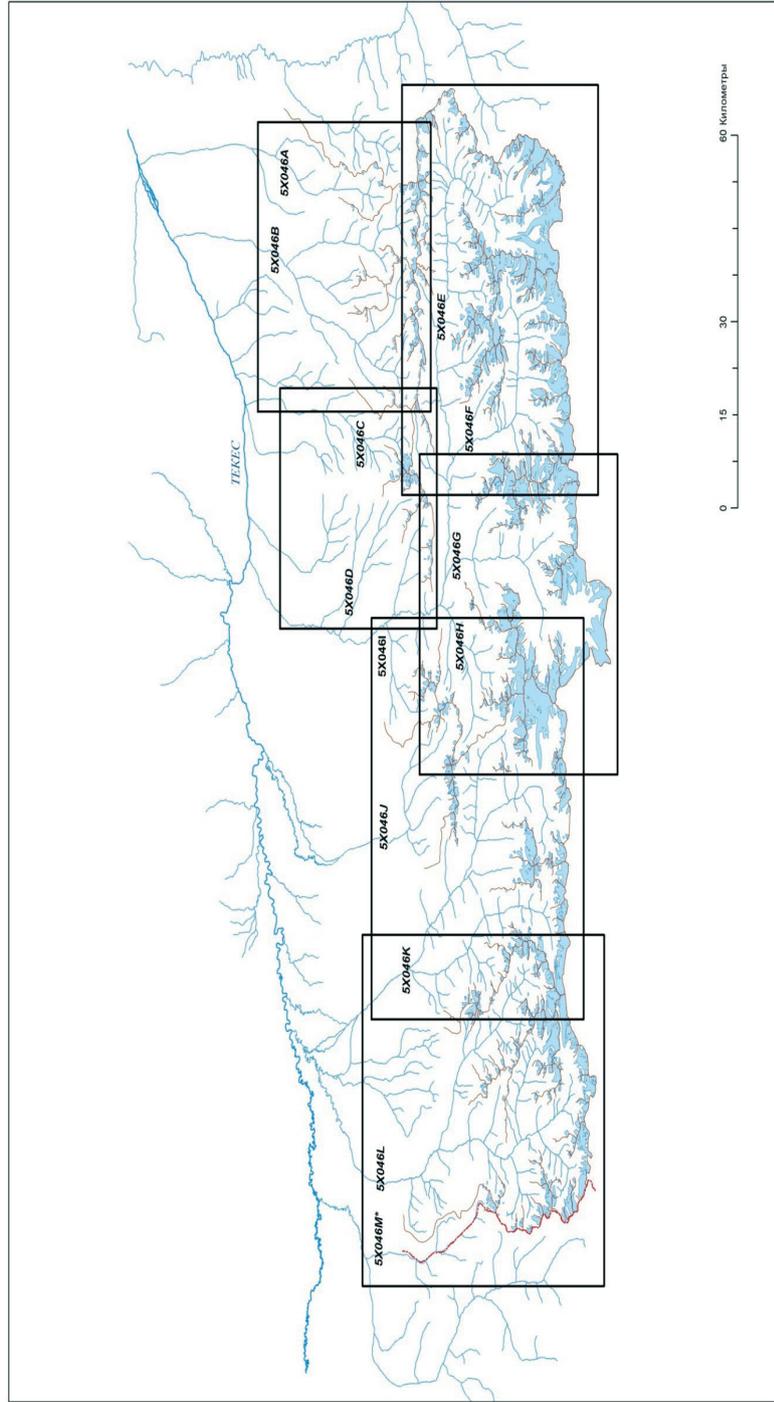


Рис. 1. Схема расположения ледников в бассейне реки Текес.

Это в конечном итоге приводит к существенному сокращению суммарного объема ледников бассейна. Картографирование на основе снимков разрешением 15 м позволило выявить ледники площадью менее 1 км² (преимущественно висячие), которые возможно не были учтены ранее.

Более 36 % суммарной площади оледенения (в процентном отношении к общей площади открытой части ледников) бассейна р. Текес приходится на долинные ледники, 22,9 % – на каровые, 18,6 % – на карово-долинные, 12,5 % – на висячие, 5,3 % – на висячие каровые, и 3,9 % – на шлейфовые. Ледники кулуаров составляют 0,1 %, склоновые, карово-висячие и ледники плоских вершин – по 0,2 % суммарной площади оледенения бассейна (рис. 2).

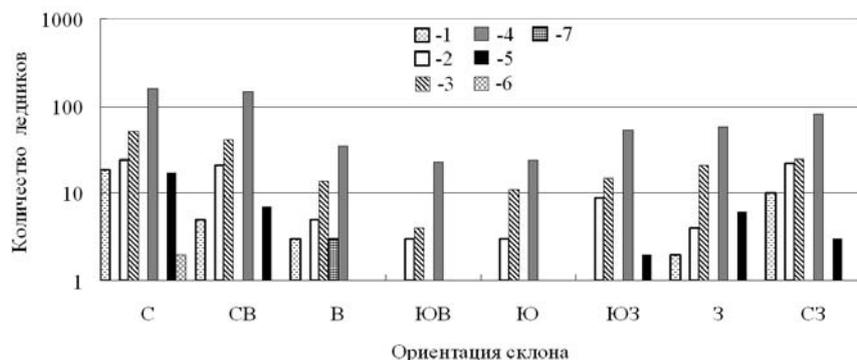


Рис. 2. Распределение ледников по морфологическому типу в бассейне реки Текес. 1 – карово-долинные, 2 – висячие каровые, 3 – каровые, 4 – висячие, 5 – долинные, 6 – склоновые, 7 – карово-висячие.

Значительную часть площади суммарного оледенения в рассматриваемом бассейне занимают ледники площадью 2,0...5,0 км² – 22,4 % (155,83 км²). На ледники площадью 5,0...10,0 км² и 10,0...30,0 км² приходится 21,2 % и 18,7 % площади общего оледенения соответственно.

В исследуемом районе количественно преобладают ледники размером до 1 км (67,2 %). Большую часть площади занимают ледники размером 2,0...5,0 км (299,19 км²).

На ледники размером 5,0...15,0 км приходится 23,1 % от общей площади оледенения. Средняя площадь ледников в бассейне реки составила 0,74 км² (табл. 1 и 2).

Подавляющая часть суммарной площади оледенения (72,4 %) приходится на ледники северной четверти ориентации склонов (СЗ, С, СВ), 18,1 % на ледники В и З ориентации и лишь 9,5 % составляют ледники южной ориентации склонов.

При этом чисто южную ориентацию имеют лишь 2,5 % ледников. Увеличилось количество ледников С, СВ и ЮЗ ориентации.

Таблица 1

Распределение суммарного оледенения в зависимости от размера ледников в бассейне р. Текес

Длина, км	Количество ледников		Площадь открытой части ледников		Объем льда		Средняя площадь, км ²
	общее	%	км ²	%	км ³	%	
≤ 0,5	340	35,90	20,99	3,01	0,25	0,54	0,06
0,5...1,0	296	31,26	67,49	9,68	1,45	3,13	0,23
1,1...2,0	209	22,07	148,41	21,28	5,81	12,57	0,71
2,1...5,0	89	9,40	299,19	42,90	21,30	46,11	3,36
5,1...10,0	11	1,16	116,17	16,66	11,74	25,41	10,56
10,1...15,0	2	0,21	45,10	6,47	5,65	12,24	22,55
Всего	947	100	697,35	100	46,19	100	0,74

Таблица 2

Распределение суммарного оледенения в зависимости от площади ледников в бассейне р. Текес

Площадь, км	Количество ледников		Площадь открытой части ледников		Объем льда		Средняя площадь, км ²
	общее	%	км ²	%	км ³	%	
≤ 0,5	703	74,23	108,58	15,57	2,15	4,66	0,15
0,51...1,0	111	11,72	76,38	10,95	2,69	5,83	0,69
1,01...2,0	56	5,91	78,60	11,27	3,75	8,12	1,40
2,01...5,0	48	5,07	155,83	22,35	10,19	22,05	3,25
5,01...10,0	21	2,22	147,47	21,15	12,50	27,06	7,02
10,01...15,0	3	0,32	32,85	4,71	3,21	6,96	10,95
15,01...20,00	3	0,32	48,46	6,95	5,40	11,69	16,15
20,01...30,00	2	0,21	49,17	7,05	6,30	13,63	24,59
Всего	947	100	697,35	100	46,19	100	0,74

Вследствие распада ряда ледников на фрагменты за период с 1963 по 2011 г. увеличилось количество висячих, каровых и долинных ледников. В целом за исследуемый период полностью исчезло 129 ледников, суммарной площадью 24,5 км² и объемом 0,64 км³ (табл. 3).

Большинство исчезнувших ледников по морфологическому типу относились к висячим, и располагались на склонах северной, северо-восточной, юго-западной и западной ориентации.

Таблица 3

Морфологический тип и экспозиция исчезнувших ледников в бассейне р. Текес

Морфологический тип ледника	Экспозиция						Общее количество	Площадь, км ²	Объем льда, км ³	Средняя площадь, км ²	Максимальная площадь, км ²	
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ						З
Висячий каровый	1	3	-	1	-	3	1	-	3,87	0,1192	0,43	0,610
Каровый	1	-	1	-	-	-	-	2	5,23	0,2693	1,31	2,950
Висячий	18	17	14	10	13	14	15	12	14,0	0,2172	0,12	0,380
Склоновый	-	-	-	-	1	-	1	1	1,39	0,0342	0,46	0,520
Всего	20	20	15	11	14	17	17	15	24,5	0,6399	0,19	2,950

Суммарная площадь и объем возможно не учтенных ранее ледников составили 9,34 км² и 0,18 км³ для бассейна р. Текес, большинство из которых по морфологическому типу относятся к висячим. За 48 лет в бассейне распалось 124 ледника, но на их месте образовалось 304 ледника, часто другого морфологического типа и в ряде случаев иной экспозиции. Суммарная площадь распавшихся ледников уменьшилась с 592,69 км² до 406,90 км² (на 31 %), а объем с 62,71 км³ до 32,21 км³ (на 49 %).

Большая часть распавшихся ледников по морфологическому типу относились к каровым, карово-долинным, долинным и висячим каровым, с преобладанием северной и северо-восточной экспозиции.

Темпы деградации оледенения исследуемого бассейна сопоставимы с деградацией других основных притоков китайской части бассейна р. Или (Кюнес, Хоргос, Коксу и Каш) и казахстанской части бассейна р. Или [8].

Полученные данные в дальнейших работах могут быть откорректированы по мере получения космических снимков более высокого разрешения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананичева М.Д., Капустин Г.А. Оценка изменений ледников гор Быр-ранга по космическим снимкам и Каталогу ледников СССР. // Лед и снег. – 2010. – № 3. – С. 19-26.
2. Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика / Под редакцией А.Р. Медеу – Алматы, 2008. – 936 с.
3. Кокарев А.Л. Мониторинг гляциального пояса северного склона Илейского Алатау с использованием космической информации и ГИС // Вестник КазНУ. – Сер. географ. – № 2. – 2009. – С. 20-27.
4. Кокарев А.Л., Шестерова И.Н. Изменение ледниковых систем северного склона Заилийского Алатау во второй половине XX и начале XXI вв. // Лед и снег. – 2011. – № 4. – С. 39-46.
5. Оледенение Тянь-Шаня / Под ред. М.Б. Дюргерова – М.: 1995. – 237 с.
6. Руководство по составлению Каталога ледников СССР. – ГИМИЗ, 1966. – 154 с.
7. Северский И.В., Шестерова И.Н. Влияние деградации горного оледенения на гидрологический режим и водные ресурсы. // Вопросы географии и геоэкологии. – 2011. – № 4. – С. 9-16.

8. Северский И.В., Вилесов Е.Н., Кокарев А.Л., Шестерова И.Н., Морозова В.И, Когутенко Л.В., Усманова З.С. Ледниковые системы Балкаш-Алакольского бассейна: состояние, современные изменения. // Вопросы географии и геоэкологии. – 2012. – № 2. – С. 31 – 40.
9. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш / Под редакцией Т.К. Кудекова – Алматы: Каганат, 2002. – 388 с.
10. Шестерова И.Н. Оценка снежно-ледовых ресурсов китайской части бассейна реки Или: Автореф. дисс... канд. геогр. наук / Институт географии. – Алматы, 2004. – 27 с.
11. Glacier inventory of China. III. Tianshan mountains (Ili river drainage basin) 1986. China. Science Press. – 146 p.
12. Kääb, A., Huggel, C., Paul F., et al. Glacier Monitoring from ASTER Imagery: Accuracy and Applications //EARSel eProceedings №2, 2002, – p. 43- 53.
13. Kotlyakov V.M., Severskiy I.V. Glaciers of Central Asia: current situation, changes and possible impact on wather resources // Assessment of Snow, Glacier and Water Resources in Asia, Heft 8, Koblenz, 2009. – P. 160-177.
14. Severskiy I. Current and projected changes pf glaciation in Central Asia and their problem impact on wather resourcses // Assessment of Snow, Glacier and Water Resources in Asia, Heft 8, Koblenz, 2009. – P. 99-111.
15. Severskiy I.V., Kokarev A.L., Severskiy S.I., Tokmagambetov T.G., Shagarova L.V., Shesterova I.N. Contemporary and prognostic changes of glaciation in Balkhash Lake basin. - Almaty, 2006. – 68 p.

Поступила 18.02.2013

З.С. Усманова

**ҒАРЫШТЫҚ ДЕРЕКТЕР БОЙЫНША (ІЛЕ ӨЗЕНІНІҢ
ҚЫТАЙЛЫҚ БӨЛІГІН) ТЕКЕС ӨЗЕНІНДЕГІ МҰЗДЫҚТАР
БАССЕЙІНІН БАҒАЛАУ**

Ғарыштық түсірімдердің деректерімен 2011 жылғы жағдайы бойынша Текес өзені бассейнінің мұзбасу каталогы жасалды. Мореналық кешендерге айқындау жасалды және мұздықтардың морфометриялық сипаттары анықталды. Алғашқы каталог деректерлерімен мұзбасу параметрлеріне салыстыру жасалды, қаралатын бассейндегі мұзбасу деградациясының қарқыны бағаланды.