

УДК: 551.324.433.336.83

**ЗАБРОНИРОВАННЫЕ ЛЕДНИКИ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТОКА РЕК****ТҮНДҮК ТЯНЬ-ШАН МОРЕНА АЛДЫНДАГЫ МӨҢГҮЛӨР ЖАНА АЛАРДЫН СУУ РЕСУРСТАРЫНА ТААСИРИ***Эрменбаев Бакытбек Орозалиевич**заведующий лаборатории гляциологии Тянь-Шаньского высокогорного научного центра при Институте водных проблем и гидроэнергетики НАН КР*

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследований автора в Северном Тянь-Шане, показывающие, что в забронированных ледниках Тянь-Шаня содержатся большие и еще не учтенные запасы льда этой горной системы. На примере ледника Кара-Батака приведены результаты по наблюдению за абляцией в открытых и забронированных частях ледника и сравнительный анализ температуры поверхностей открытой части ледника и находящейся под моренным чехлом с целью определить влияние поверхностной морены на абляцию льда и на ледниковый сток. Установлена связь абляции забронированных ледников от толщины моренного чехла.

**Ключевые слова:** ледники, морены, климатические изменения, голоцен, ледовые ресурсы.

**RESERVED GLACIERS OF THE NORTHERN TIEN-SHAN AND THEIR INFLUENCE ON THE RIVER***Ermenbaev Bakytbek Orozalievich**head of the Tien-Shan mountain scientific center of the Institute Water Problems and Hydro Power of NAS of KR [B.Ermenbaev@mail.ru](mailto:B.Ermenbaev@mail.ru)*

**Abstract** The article presents the results of the author's research in the Northern Tien Shan, showing that the reserved glaciers of the Tien Shan contain large and still unaccounted ice reserves of this mountain system. Using the Kara-Batak glacier as an example, the results of observing ablation in open and reserved parts of the glacier and a comparative analysis of the surface temperature of the open part of the glacier and under the moraine cover are presented to determine the effect of the surface moraine on ice ablation and glacial runoff. The ablation of the reserved glaciers from the thickness of the moraine cover is established.

**Key words:** glaciers, moraines, climate changes, Holocene, Ice resourcers

**Введение**

Поверхностная морена на господствующей в настоящее время регрессивной стадии оледенения – характерный атрибут нижних частей активных горных ледников. При этом моренный материал на поверхности ледников существенно влияет на абляцию, сток и баланс их массы. Однако традиционно считается, что преимущественно открытые части ледников дают ледниковую составляющую стока горных рек. Широко развитые в гляциальной зоне голоценовые морены считаются морфолитологическими образованиями, в которых уже нет ледникового льда, или же он там присутствует спорадически. В связи с этим ледовые ресурсы

того или иного горного района оцениваются исходя из количества имеющихся там ледников и их суммарной площади. Нами установлено, что в горах ЦА нет отдельно взятых ледников и их морен, а имеются морено-ледниковые комплексы в виде комбинации стадийных морено-ледниковых генераций [1].

В морфологическом плане морено-ледниковые комплексы (МЛК) представлены открытыми и забронированными ледниками. Забронированные ледники покрыты чехлом поверхностной морены преимущественно абляционного генезиса. К забронированным ледникам относятся и каменные глетчеры, что убедительно показано в работе В.И.Шатравина [2]. Наглядный пример забронированных ледников приведен на рис. 1. Показанные на этом рисунке забронированные части ледников традиционно считаются преимущественно литогенными образованиями в виде голоценовых морен, в которых уже нет ледникового льда, или же он там содержится спорадически. Геологичетвертичники, геоморфологи и гляциологи относят их к голоценовым моренам в виде уже сформировавшихся форм ледникового рельефа. *Внешними морфологически выраженными признаками присутствия в морено-ледниковых комплексах ледникового льда являются свежие термокарстовые просадки и уступы на их поверхности. Яркими признаком наличия под мореной ледникового льда и его движения является осыпной характер фронтальных и боковых уступов стадийных валов.*



Рис. 1. Морено-ледниковые комплексы в долине р. Жаламыш (хр. Киргизский, Северный Тянь-Шань). 1- открытые части ледников. 2- забронированные части ледников

В работе В.И. Шатравина [3] на примере Тянь-Шаня показано, что в горах ЦА голоценовое оледенение распадается стадийно по принципу затухающего колебания, и в нем морфологически выделяются 7 основных стадий. Каждая последующая стадия была меньше предыдущей по продолжительности и мощности.

В большинстве случаев языковые части тянь-шаньских ледников забронированы мореной. Для установления величины абляции забронированных ледников прежде всего нужно знать, как изменяются основные тепловые потоки на поверхности морены по сравнению с открытым льдом и как поверхностная морена влияет на абляцию погребенного под ней льда. Это автором установлено на примере ледника Кара-Баткак (бас. Р. Чон-Кызыл-Суу). При этом температура воздуха на открытом и забронированном участках ледника определялась с помощью установленных там автоматических метеостанций (АМС) *Campbell Scientific*. Это позволило сравнить полученные данные по температуре, полученные с АМС, и данные по абляции, полученные с помощью реечного метода на влияние поверхностной морены на абляцию ледника. При эксперименте было установлено, что наибольшие различия в структуре тепловых потоков на чистом и замороженном льду связаны с особенностями теплообмена - как по его суточному ходу, так и по абсолютным значениям.

**Методы.** В 2016 году на трех морено-ледниковых комплексах Северного Тянь-Шаня были пройдены горные выработки в виде шурфов. В большинстве случаев этими выработками удавалось вскрыть ледниковый лед, находящийся под чехлом поверхностной морены. На рис.

2 показаны горные выработки на морено-ледниковом комплексе Тез-Тор (бас. Р. Ала-Арча), в которых был вскрыт ледниковый лед.

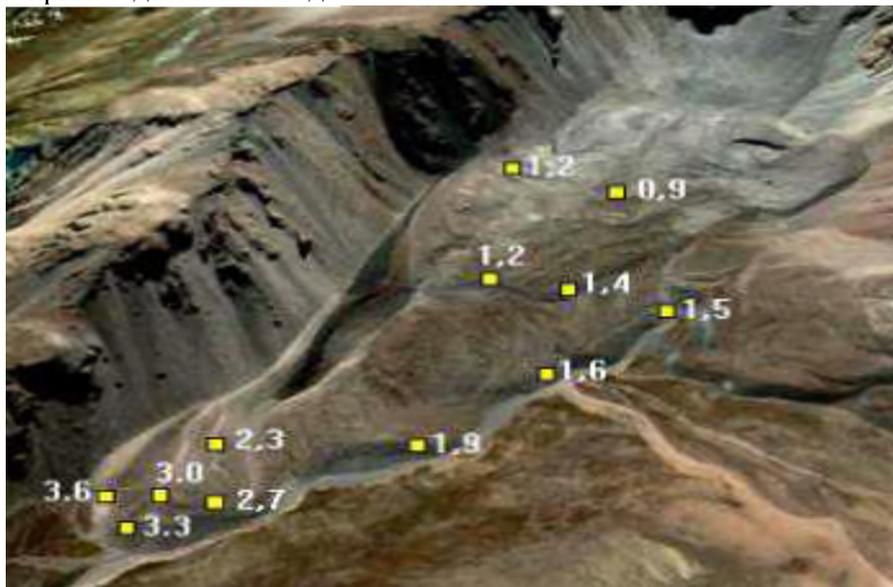


Рис. 2. Места расположения горных выработок на морено-ледниковом комплексе Тез-Тор, в которых был вскрыт ледниковый лед. Цифрами показана глубина (в метрах), на которой вскрыт лед.

Было установлено, что чем древнее стадия морено-ледниковой генерации, тем больше мощность развитой на ней поверхностной морены. В морено-ледниковых комплексах встречаются и естественные обнажения ледникового льда.

Для измерения скорости таяния льда под поверхностной моренной в 2017 году автором была проведена работа по определению толщины мореного чехла на правом борту и в центральной части ледника Кара-Баткак. При этом для наблюдения за абляцией льда под моренным чехлом были установлены абляционные рейки. Толщина поверхностной морены ледника в местах обследования определялась как визуально, так и с помощью шурфов в характерных точках забронированных участков этого ледника (рис. 3).



Рис. 3. Измерение толщины мореного чехла на забронированном участке ледника и искусственное обнажение льда. В точке измерения толщина мореного чехла составила 70 см.

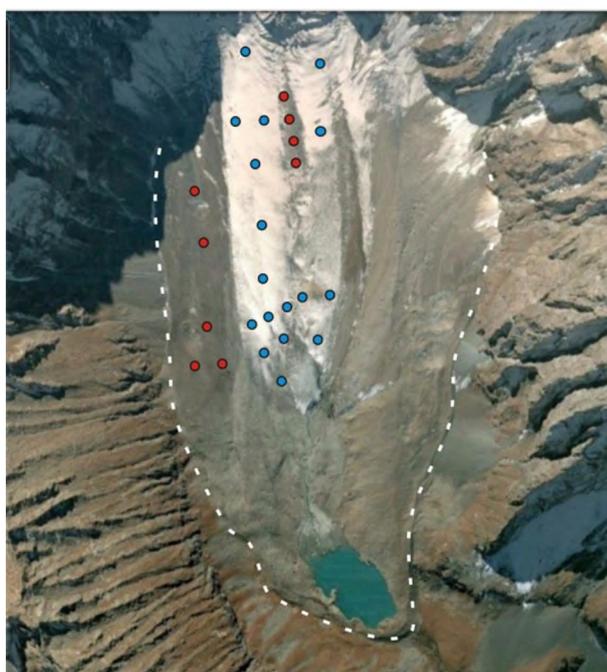
На рис. 3 четко виден вскрытый чистый лед под толщей мореного чехла (крупным планом это показано на заставке в правом верхнем углу снимка). Определение толщины поверхностной

морены на левом борту забронированного ледника основывалось на возрастных стадиях морены, а также делалось это исходя из уже известного нам правого борта ледника, который может быть характерным показателем и для левого борта. На участках, где толщина моренного чехла явно более 2-х метров, для получения конкретной величины в качестве ориентира использовались данные, полученные В.И. Шатравиным в 2004 году в рамках проекта (МНТЦ) КР-330/2 “Изучение четвертичных изменений климата на Тянь-Шане: оледенение и колебания уровня бессточных озер Иссык-Куль, Чатыркуль (Кыргызстан)” 2004-2007 г. На внешней стороне конечной морены на субстратах наиболее ранних стадийальных морен им было выкапано несколько шурфов, и в них не был вскрыт ледниковый лед на глубинах даже более 2-х м перпендикулярно к поверхности склона (рис. 4).

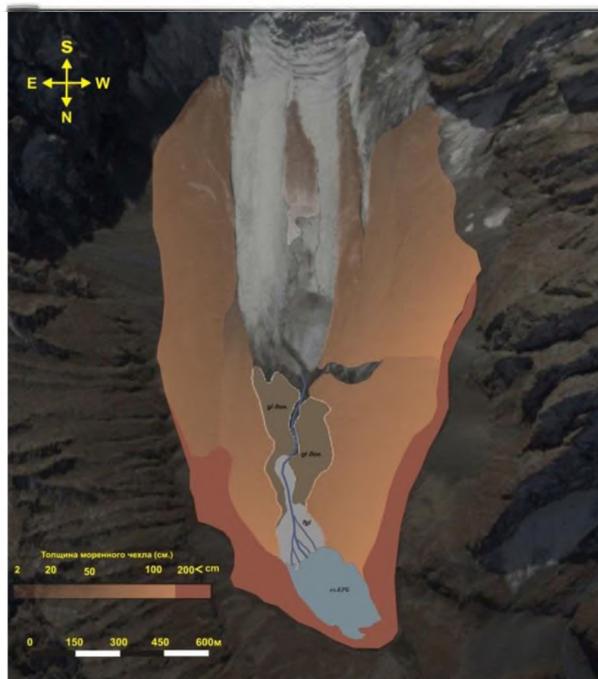


Рис. 4. Горные выработки на фронтальном уступе МЛК Кара-Баткак (2004 год).

**Результаты.** По результатам проходки шурфов на поверхности морены и с ориентацией на разновозрастные морфологически выраженные стадийальные морены составлена карта предворительно определенной толщины моренного чехла на языковой части МЛК Кара-Баткак (рис. 5 а, 5б).



а)



б)

Рис. 5. а) - МЛК Кара-Баткак на космоснимке (красным и синим цветом выделены абляционные рейки); б) - толщина моренного чехла на заморененных участках МЛК Кара-Баткак (тональностью желтого и каричневого цветов показана толщина моренного чехла) Наибольшая толщина моренного чехла этого МЛК предполагается в наружных частях боковых морен и во фронтальном уступе конечной морены - более 2-х метров, наименьшая толщина моренного чехла обнаруживалась в центральной части поверхности языка ледника - до 0,02 м (рис. 5б, 5а).

В связи с отступанием ледника Кара-Баткак увеличивается площадь заморененных его участков. Это наиболее интенсивно происходит на боковых частях и в нижней части МЛК Кара-Баткак. Следует сказать, что за последние 50 лет ледник Кара-Баткак отступил на 430 м, его ежегодное отступление составляет в среднем 8 м [4]. В связи с дегредацией ледника Кара-Баткак центральная его часть начала интенсивно бронироваться в конце 80-х - начале 90-х годов, что видно на аэрофотоснимках 1972 и 1988 гг., а также – на космоснимках Landsat 4-5 1991, 1996 г.

Таким образом, ледник Кара-Баткак не только сокращается в размерах, но и бронируется, то есть покрывается моренным чехлом, превращаясь в забронированный ледник. Традиционно считается, что преимущественно открытые части ледников дают ледниковую составляющую стока горных рек. Поэтому ледовые ресурсы того или иного горного района оцениваются исходя из количества имеющихся там открытых ледников и их суммарной площади.

Моренный чехол на леднике Кара-Баткак значительно замедляет абляцию льда, это заметно проявляется на участках с толщиной моренного чехла более 10 см [5]. Чем больше толщина моренного чехла, тем меньше абляция льда в сравнении с открытыми частями ледника. Однако абляция слабозабронированных (заморененных) участков ледника с толщиной морены от 2 до 5 см показывает обратную картину. Абляция на этих участках больше, чем на открытой части ледника. Это связано с тем, что при ясной солнечной погоде тонкий моренный слой на поверхности ледника нагревается и благодаря этому усиливается таяние льда [5]. Об этом свидетельствуют наблюдения, проведенные автором в сентябре 2018 года. При проведенном эксперименте оказалось, что температура поверхности чистого льда ледника была тесно связана с температурой воздуха. Следует сказать, при этом эксперименте в период с 12 сентября и до конца месяца температура поверхности ледника была почти исключительно отрицательной, а температура льда под моренным чехлом при его толщине около 4-5 см оставалась почти всегда положительной (рис. 6).

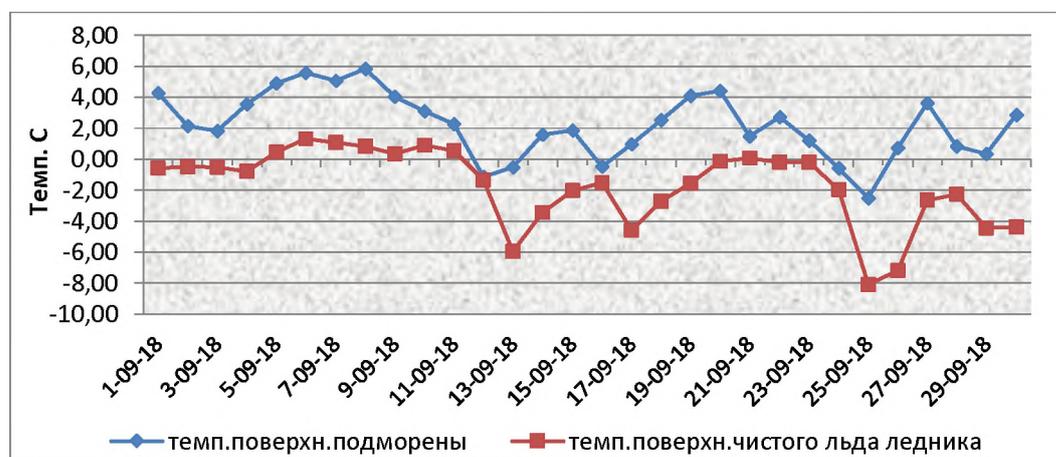


Рис. 6. Среднесуточная температура поверхности чистого льда и льда под моренным чехлом за сентябрь 2018г.

Известно, что после перехода среднесуточной температуры воздуха через 0° С в сторону отрицательных температур абляция льда прекращается [6]. Однако на участках забронированных ледников после полной остановки абляции открытого ледника абляция льда под мореной может продолжаться еще на некоторое время. Об этом важном выводе свидетельствует график, показанный на рис. 6.

Таким образом, влияние моренного покрова на абляцию двоякое. В случаях, когда толщина морены не превышает 5 см, таяние идет более интенсивно, чем на открытых частях ледника или в местах с очень незначительным по толщине «загрязнением» ледника моренным мелкоземом. Результаты наблюдений, проведенные в период с 6 августа по 16 сентября 2017 г., показали, что при толщине моренного чехла более 1 м таяние льда полностью прекращается.

Традиционно считается, что преимущественно открытые части ледников дают ледниковую составляющую стока горных рек. Поэтому ледовые ресурсы того или иного горного района оцениваются исходя из количества имеющихся там открытых ледников и их суммарной площади. Однако проведенные автором эксперименты показывают, что забронированные части ледников могут давать существенный привнос воды в общий гляциальный сток.

Для наглядности приводится следующий схематический расчет, основанный на проведенных автором экспериментах на МЛК Кра-Баткак.

$$L_1 \times S_1 = V_1 \quad \frac{V_1}{V_2}$$

$$L_2 \times S_2 = V_2 \quad \frac{V_1}{V_2}$$

- продолжительность эксперимента - с 06.08.17 по 28.09.17, всего 52 дня.
- на забронированном участке ледника площадью 0,86 кв. км вытаял слой льда в среднем 49 см.
- на открытом леднике площадью 1,4 км<sup>2</sup>, вытаял слой льда в среднем 94 см.
- рассчитанная доля ледникового стока с забронированного участка в общем гляциальном стоке - 24,8%

Следовательно, в нижеприведенной таблице, построенной по данным расчленения гидрографа стока с ледника Кара-Баткак абляционный сезон за 2013-2017гг, доля ледникового стока с забронированного участка ледника составила порядка до 18%

год	снеговое		ледниковое		забронированные ледниковые		дождевое		Суммарное	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
2013	2896	44	3198	49	800	12	510	7	6604	100
2014	1350	27	3447	68	862	17	235	5	5061	100
2015	2082	26	5736	70	1434	18	312	4	8130	100
2016	2615	38	3974	57	994	14	383	5	6972	100
2017	2484	25	7239	72	1810	18	271	3	9994	100
сред. мног.		45		50	1180	16		5	6972	

**Выводы**

На примере морено-ледникового комплекса Кара-Баткак показано, что в забронированных ледниках Тянь-Шаня содержатся значительные запасы льда, которые представляют собой большую и еще не учтенную часть ледовых ресурсов высокогорных районов горной системы Тянь-Шань, а также имеет до 18% доли воды от общего стока реки.

В связи с глобальным потеплением происходит не только распад оледенения, но и бронирование ледников. Поэтому ледники Тянь-Шаня и ЦА в целом полностью не

исчезнут, а в некоторые его части забронированы моренным чехлом. В совокупности с более ранними стадийными мореноледниковыми генерациями забронированные ледники будут поддерживать речной сток. Сток с забронированных ледников в общий речной сток смягчит грядущую водно-энергетическую катастрофу в Центральной Азии, связанную с глобальным климатическим потеплением.

### Литература

1. Шатравин В. И. Реконструкция плейстоценового и голоценового оледенений Тянь-Шаня с новых исходных позиций // Климат, ледники и озера: путешествие в прошлое. Бишкек. «Илим», 2007 г. С. 26-46.
2. Шатравин В. И. Основные закономерности гляциального и гравитационного
3. Shatravin VI, 2012. Establishment of regularity of disintegration of the Holocene glaciations through radiocarbon dating of dispersed organic matter from moraines. In: типов литогенеза горных районов // Геология кайнозоя и сейсмоструктур Тянь-Шаня. - Бишкек, 1994 б, – С. 15-26.
4. Л.В. Бажанова, Р.А. Сатылканов, Б.О. Эрменбаев «Динамика оледенения в условиях современного изменения климата на примере ледника Кара-Баткак, хребет Тескей Ала-Тоо». Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета, Том 17, №5. стр. 189-194. 2017 г.
5. Эрменбаев Б. «Влияние загрязнённости льда (покрытые мореной) на величину абляции ледника Кара-Баткак» Известия ОшГУ 2018 № 1, Часть 1, стр. 141-148
6. Макаревич К.Г. «Методические аспекты исследований баланса массы и колебание горных ледников» Алма-Ата 2007 — 102 с