

УДК 911.3

К динамике горного оледенения Урала в условиях глобального потепления

Е.А. Ворончихина, И.Ю. Дылдин, С.Э. Мышлявцева, С.Р. Челышев
Пермский государственный университет

Горное оледенение – важный фактор ландшафтной динамики и наиболее яркий индикатор климатических флуктуаций, происходящих как на глобальном, так и на региональном уровнях. В настоящее время фиксируется активное разрушение ледовых покровов в планетарном масштабе. По данным службы глобального мониторинга площадь ледников в самом высокогорном массиве планеты – Гималаях - ежегодно сокращается почти на 150 км² [9]. Наука связывает данный процесс с потеплением климата, обусловленным резонансным наложением растущей антропогенной нагрузки – выбросов «парниковых» газов – на естественную природную температурную ритмику.

Вместе с тем однозначности в оценке воздействия потепления на состояние ледниковых покровов нет. Имеются факты, свидетельствующие о том, что повышение температуры компонентов географической оболочки сопровождается активизацией испарения с поверхности Мирового океана, общим повышением увлажненности атмосферы, вследствие чего происходит интенсификация выпадения осадков, в том числе в виде снега в высокогорьях. Поэтому в противовес доминирующей тенденции на сокращение оледенения в некоторых горных районах планеты наблюдается увеличение площади нивально-гляциальных покровов [3]. На этом фоне весьма актуален вопрос о состоянии ледников Урала. Урал – уникальный в гляциологическом плане регион, где представлен весь генетический ряд нивально-гляциальных объектов – от снежников-перелетков до ледников. Основная особенность нивально-гляциальных объектов в том, что большая их часть лежит ниже границы снеговой линии, поэтому очень неустойчива к колебаниям температурно-влажностных факторов климата.

В связи с относительно небольшим гипсометрическим уровнем гор долгое время считалось, что на Урале вообще не может быть горного оледенения. Первые научные упоминания о ледниках Урала стали появляться только в начале XX в., но большинство исследователей и ученых продолжали отрицать их возможное существование. Так, экспедициями А.Шренка, Э.Гофмана и других, изучавших северные регионы Урала, ледники не описаны, хотя широкое распространение «летующих» снежных пятен отмечалось [12, 7]. Ледники не были обнаружены и последующими экспедициями, что привело к подтверждению в научной среде мнения об их отсутствии, невозможности существования в современных условиях и связывалось с небольшой абсолютной высотой Уральского хребта, незначительной крутизной его склонов и континентальностью климата.

Первое указание на существование уральских ледников принадлежит С.В. Карцелли (1911 г.), однако научная общественность не обратила должного внимания на эту работу и лишь в 1929 г. геологом А.Н.Алешковым были официально открыты первые ледники на Полярном Урале [12]. Планомерное их изучение началось с 1932 г., получившего название II Международного полярного года (МПГ). Главные открытия года связаны с именами А.Н. Алешкова, С.Г. Боча, Г.Д. Падалка и В.С. Говорухина, изучавших район хребтов Сабля, Саледы и Народа-Итьский массив. По итогам экспедиций были получены первичные данные о состоянии нивально-гляциальных массивов, на основании которых Уральский хребет был выделен в самостоятельную ледниковую область [6, 7, 12].

Более поздние исследования уральских ледников связывают с организацией в 1956 г. Полярно-Уральской экспедиции Отдела гляциологии АН СССР, в задачи которой входило гляциологическое изучение северной части Урала. Закономерным результатом деятельности экспедиции явились первые сведения о взаимодействии климата и оледенения в горах Урала. Состояние ледниковых полей было рассмотрено в связи с динамикой атмосферной циркуляции. Полярно-Уральская экспедиция закончила свою работу в 1964 г. и стала крупнейшей за всю историю изучения ледников Урала.

После всплеска активности интерес к оледенению Урала стал угасать. Со второй половины 60-х гг. прошлого века объемы исследований неуклонно сокращались, трансформируясь в гляциологический мониторинг, стационарно привязанный к опорным объектам оледенения, расположенным главным образом на Полярном Урале. В основу мониторинга положены дистанционные методы исследования, ориентированные на дешифрирование материалов космической съемки. При всех положительных аспектах дешифрирование имеет ряд недостатков, обусловленных тем, что позволяет отслеживать и выявлять наиболее общие закономерности динамики достаточно больших по площади ледников. Поэтому такие работы дают весомый научный результат только на больших гляциальных объектах, например, при мониторинге альпийских ледников, контуры которых четко различимы. На территориях распространения малых форм оледенения с нечеткими контурами дешифрирование требует обязательного дополнения в виде натурной индикации.

К сожалению, научные работы, основанные на натуральных исследованиях, единичны, поэтому, несмотря на своеобразие географического положения в освоенном регионе и относительную доступность территории, Урал до настоящего времени в гляциологическом отношении изучен слабо. Большая часть имеющейся информации о состоянии его снежно-ледникового покрова относится к 50-60-м гг. прошлого века. Согласно официальной информации всего на Урале на тот период зафиксировано 143 ледовых образования общей площадью около 28 км² [6, 7, 12]. Наибольшей активностью оледенения характеризуется Приполярный Урал, где зафиксировано 50 ледников общей площадью порядка 7,5 км². Именно здесь, на Приполярном Урале, выявлены

два самых крупных по занимаемой площади и ледовым запасам уральских ледника – Манси (0,75 км²) и Гофмана (0,37 км²).

В настоящее время на волне интереса к последствиям глобального потепления ледниковая тематика вновь приобретает актуальность. Ледники Урала, как и прочих горных систем, изучаются дистанционными методами в режиме космического мониторинга. К настоящему времени выполнена обработка и интерпретация космоснимков ASTER и Landsat для оценки современного состояния и изменений размеров ледников [4, 8]. Полученные результаты дистанционных наблюдений свидетельствуют об устойчивой деградации гляциальных объектов, причем максимальные сокращения площади наблюдаются у каровых ледников, которые согласно данным мониторинга сохранили лишь 56 % первоначальной величины.

С 1998 г. Отделом гляциологии РАН в рамках научной программы (проект 3.1. Неустойчивость современного оледенения) под руководством Г.А. Носенко начато формирование базы данных о метеоусловиях и параметрах ледников, разработана методика мониторинга за их изменениями. В представленном Отделом отчете за 2006 г. указано, что выявленная ранее тенденция сокращения ледниковых покровов на Урале сохраняется, несмотря на повышение снежности зим [11]. Однако количественных данных, свидетельствующих о состоянии конкретных ледниковых полей, нет. На примере Приполярного Урала в отчете показано, что выполнение программы мониторинга в части детализации результатов осложнено пространственно-временной изменчивостью атмосферы, своеобразием поверхности, растительности и структуры снега в пределах элементов разрешения аппаратуры (25x25км). В связи с чем остро ощущается необходимость комплекса систематических наземных идентификационных наблюдений за состоянием ледовых покровов.

В 2006 г. экспедицией Отдела гляциологии Института географии РАН предпринята попытка наземной индикации. Экспедиция посетила верховья долины р. Манарага с целью идентификации и оценки состояния расположенного здесь ледника Манарага. Согласно опубликованной информации после нескольких недель упорных поисков объект изучения – ледник Манарага – найден не был, по заключению ученых он полностью растаял [10]. Ушедший в небытие ледник располагался на хребте Сыня-Руз на территории национального парка Югыд-ва. Находящийся южнее Манараги, в районе массива Сабля, ледник Гофмана по отчету этой экспедиции уменьшился в размерах в несколько раз [10], но данных о размерах не приведено.

Изложенное предопределило актуальность наземного изучения гляциальных объектов Приполярного Урала, предпринятого летом 2007 г. членами Пермского отдела РГО. Научная программа предусматривала оценку истинных морфометрических характеристик ледовых образований, описание их состояния, отбор проб нивально-гляциальных масс с последующим химическим анализом талых вод. Целесообразность анализа продиктована достоверно зафиксированной количественной информацией, свидетельствующей о нарастающей химической нагрузке на ледники Урала в

связи с межрегиональными потоками загрязнителей. На примере расположенных южнее заповедных территорий Урала - ГПЗ «Вишерский» и «Басеги»- установлено, что за последнее десятилетие в нивальном покрове этих охраняемых территорий на порядок возросла концентрация технофильных элементов - свинца, цинка и других, появились экологически опасные ингредиенты – кадмий, стронций и другие, рН нивальных масс изменилась от нейтральных значений до слабокислых [1, 2, 13].

В национальном парке Югыд-ва ранее таких исследований не проводилось, в связи с чем гидрохимический анализ нивально-гляциальных масс представлялся крайне важным - даже при отсутствии загрязняющего влияния данная информация может служить в дальнейшем фоновой нормой для оценки нарастающей химической нагрузки на горные экосистемы.

В рамках поставленной программы предполагалось обследование и оценка состояния наиболее доступных и известных нивально-гляциальных объектов в границах Народа-Итьского массива Приполярного Урала - Малды, Балбан, Круглый и МПГ-II. Размеры ледниковых тел оценивались морфометрически, в качестве исходных данных для расчета изменений использована информация об их морфологических параметрах за 1966 г., поскольку более поздних данных в доступных источниках не найдено. Анализируемый период, таким образом, составил 40 лет (табл.1).

Таблица 1

Морфометрические характеристики ледников по состоянию на 1966 г. [4] и на июль 2007 г.

Название ледника	Местонахождение	Тип	Морфометрические характеристики			
			Принадлежность показателя, годы	Максимальные , м		Площадь, км ²
длина	ширина					
Малды	хр. Малдынырд, склон северо-восточной экспозиции	Склоновый	1966	400	1000	0,320
			2007	270	730	0,158
			1966/2007	1,5	1,4	2,1
Балбан	хр. Исследовательский, склон восточной экспозиции	Каровый	1966	270	200	0,040
			2007	164	97	0,011
			1966/2007	1,6	2,1	3,6
Круглый	хр. Исследовательский, склон северной экспозиции	Карово-висячий	1966	450	400	0,150
			2007	320	210	0,056
			1966/2007	1,4	1,9	2,7
МПГ-II	хр. Исследовательский, склон восточной экспозиции	Каровый	1966	670	800	0,300
			2007	Оценить не удалось, так как распался на фрагменты (см. прил. 6)		

За это время из рассматриваемых нивально-гляциальных объектов наиболее существенные изменения претерпел каровый ледник Балбан (рис.1).



Рис.1. Общий вид ледника Балбан (июль 2007 г.)

Морфометрическая оценка показала, что его площадь по сравнению с охарактеризованной в 1966 г. уменьшилась в 3,6 раза и составила в период наблюдений 0,011 км². С поверхности проследить собственно ледовое тело в контурах нивально-гляциального поля сложно, большая его часть перекрыта рыхлой мокрой зернистой снежно-фирновой массой и активно тает (рис.2).



Рис.2. Структура нивально-гляциальных масс ледника Балбан (июль 2007 г.)

Прежние очертания ледника визуально различимы по осветленной части поверхности кара, однако следов очевидной эрозионной деятельности не прослеживается. В орографическом плане ледник малоактивен. Попытка оценить его функционально-возрастные параметры по линиям огив успехом не увенчалась за отсутствием таковых. Криоконитовых образований на нивально-гляциальной поверхности нет. Морена как таковая прослеживается только в нижней срединной части и весьма слабо – отложения представлены грубым курумником, без признаков гляциального влияния.

Наиболее сохранившимся из обследованных нивально-гляциальных образований оказался ледник Малды, расположенный на северо-западном склоне хребта Малдынырд, обращенном к долине р.Балбанью севернее устья рч. Пелингичей. Хорошая сохранность ледника Малды в немалой степени объясняется его типологической принадлежностью к склоновым ледникам и наиболее высоким гипсометрическим положением. Ледник Малды сформировался на высоте 1300 м, в то время как прочие ледники принадлежат каровому типу образований и расположены ниже – на высоте около 1000 м. В период обследования ледник Малды имел четкий нерасчлененный контур. Однако, несмотря на нерасчлененность, размеры ледового тела Малды сократились по сравнению с 1966 г. существенно – в 2,1 раза. К сожалению, из-за низкой, плотной облачности фотодokumentировать ледовое тело не удалось.

Прочие рассмотренные ледовые образования – Балбан, Круглый, МПГ-II – оказались существенно фрагментированными и активно тающими. Наибольшая степень расчлененности характеризовала состояние ледника МПГ-II (рис.3).



Рис. 3. Общий вид ледника МПП-II (июль 2007 г.)

Единое ранее (в 1966 г.) ледовое тело распалось на множество разрозненных фрагментов, значительная часть из которых снежники.

Помимо морфологических показателей в период обследования проведена первичная оценка химического состава ледовых тел: выполнен общий гидрохимический анализ, включая макроэлементный состав, общую минерализацию, рН, и атомно-эмиссионный анализ микропримесей. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии загрязняющей нагрузки на обследованные нивально-гляциальные объекты – содержание катионов и анионов в воде ниже нормативной, как и ожидалось. Для талых ледниковых вод это не редкость. Минерализация и сухой остаток крайне незначительны (табл.2). Единственным отклонением от ожидаемого гидрохимического состояния является несколько смещенное в сторону подкисления значение рН воды, в интервале 6,01-6,18.

Таблица 2

Химический состав талых вод (август 2007 года)

Компоненты химического состава	Концентрация в талых водах ледников, мг/л			Норма для поверх. вод (СанПиН 2.1.4.599-96)
	Малды	Балбан	Круглый	
<i>Макрокомпоненты (подвижная форма, содержание в талых водах), мг/л</i>				
Ca ²⁺	0,28	0,68	0,47	180
Mg ²⁺	0,27	0,39	0,32	40
Na ⁺ +K ⁺	1,72	2,60	2,75	120+50
HCO ₃ ⁻	3,08	2,97	3,64	Не нормируются
SO ₄ ²⁻	1,90	2,01	1,48	500
Cl ⁻	2,84	1,38	1,93	350

NO ₃ ⁻	1,05	0,96	1,17	40
NO ₂ ⁻	0,01	0,01	0,01	3,3
Fe ³⁺	0,01	0,01	0,01	0,1
Общая минерализация	11,16	11,01	11,78	200
Сухой остаток	14,43	16,27	15,33	200
pH воды	6,04	6,18	6,01	5,9-7,0
<i>Микроэлементы (валовое содержание в сухом остатке талых вод), мг/кг</i>				Норма содержания в сухом остатке
Никель	11,50	8,30	8,56	57,00
Кобальт	2,31	1,54	1,70	10,00
Хром	34,50	31,00	29,10	52,00
Марганец	210,00	202,00	178,00	520,00
Ванадий	28,70	19,30	22,60	50,00
Медь	40,20	34,50	40,00	100,00
Цинк	254,00	165,50	201,00	610,00
Свинец	37,10	19,70	22,00	90,00
Кадмий	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	0,50
Молибден	0,10	Не обнаружен	Не обнаружен	1,00
Ртуть	Не обнаружена	Не обнаружена	Не обнаружена	Не нормируются (не должны обнаруживаться)
Мышьяк	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	

Данный факт легко объясним всеобщей, проявляющейся в планетарных масштабах, тенденцией подкисления атмосферных вод под влиянием промышленных выбросов [5]. Каких-либо различий в составе ледниковых вод не выявлено, что также является косвенным свидетельством отсутствия загрязняющей нагрузки.

Таким образом, результаты натурного обследования четырех ледников Приполярного Урала показали, что на период обследования (июль 2007 г.) они пребывают в состоянии деградации – площадь ледовых образований по сравнению с 1966 г. сократилась более чем в 2 раза. Согласно общей для горного обледенения тенденции наиболее уменьшилась площадь каровых ледников - Балбана, Круглого, МПГ-II; в меньшей степени – склонового ледника Малды. Все обследованные ледовые образования находятся в фазе активного таяния, не сопровождающегося тем не менее активизацией эрозионных процессов, что обусловлено малой мощностью нивально-гляциальных тел.

Библиографический список

1. *Ворончихина Е.А.* Влияние межрегионального переноса загрязнителей на заповедные ландшафты / Е.А. Ворончихина, Е.А. Ларионова // Геохимия биосферы: докл. междунар. науч. конф. М., 2006.
2. *Ворончихина Е.А.* Влияние техногенного загрязнения на заповедные территории / Е.А. Ворончихина, Е.А. Ларионова // Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы. М.: Наука, 2003.
3. *Гилберт М.* Изменение климата (1976-2006) [Электрон. ресурс] / М. Гилберт. Режим доступа: <http://www.national-geographic.ru>.

4. *Гляциосфера* в условиях глобального потепления. Отчет о работе отдела гляциологии РАН за 2006 г. [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://www.news.battery.ru>.
5. *Дженнифер С.* Кислотная опасность [Электрон. ресурс] / С. Дженнифер. Режим доступа: <http://www.national-geographic.ru>.
6. *Долгушин Л.Д.* Ледники Урала и некоторые особенности их эволюции / Л.Д. Долгушин // Вопросы физической географии Урала. М., 1960.
7. *Кеммерих А.О.* Приполярный Урал / А.О. Кеммерих. М., 1970.
8. *Котляков В.М.* Организация информационно-распределительных ресурсов по географии [Электрон. ресурс] / В.М. Котляков, Т.Е. Хромова. Режим доступа: <http://www.news.bbc.co.uk/hi>.
9. *Маккиббен Б.* Страшные цифры / Б. Маккиббен // National Geographic, 2007. № 11.
10. *Носенко Г.А.* Гляциосфера в условиях глобального потепления. Отчет о работе Отдела гляциологии РАН за 2006 г. [Электрон. ресурс] / Г.А. Носенко, О.Р. Рототаева / Режим доступа: <http://www.news.battery.ru>.
11. *Носенко Г.А.* Изменение оледенения Урала в XX столетии – причины, современные тенденции и перспективы [Электрон. ресурс] / Г.А. Носенко / Режим доступа: <http://www.igras.ru>.
12. *Троицкий Л.С.* Оледенение Урала / Л.С. Троицкий, В.Г. Ходаков, В.И. Михалев и др. // Гляциология. 1966. №16.
13. *Шкляев В.А.* Сравнительные оценки расчетных потоков выпадения твердых взвешенных веществ из атмосферы с данными биогеохимических наблюдений в заповеднике «Басеги» / В.А. Шкляев, И.А. Баскевич, Е.А. Ворончихина // Современные глобальные и региональные изменения геосистем. Казань, 2004.