

КРИОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В ВЫСОКОГОРЬЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЗИМНИХ ЭКСПЕДИЦИЙ 2000 – 2010 гг.)

Н.А. Володичева, М.Н. Иванов, В.А. Исаков

Географический факультет, МГУ, Москва, Россия; Microcos12@yandex.ru

В ходе зимних полевых экспедиций 2000-2010 гг. в Приэльбрусье были изучены сезонное промерзание и криогенные процессы в условиях высокогорья. Было выявлено, что в отдельные холодные зимы толщина сезонно-мерзлого слоя может достигать 1,5 м. Установлена связь между сезонным промерзанием, мощностью снежного покрова и абсолютной высотой. Так, ниже высот 2450 м и при толщине снега более 1 м на макросклоне южной экспозиции сезонно-мерзлый слой не наблюдался. Также был изучен комплекс основных криогенных процессов, наблюдаемых в Приэльбрусье.

CRIOGENIC PROCESSES AND EVENTS IN HIGH-MOUNTAIN AREA OF CENTRAL CAUCASUS (BASED ON WINTER RESEARCH DURING 2000 – 2010)

N.A. Volodicheva, M.N. Ivanov, V.A. Isakov

Geographical faculty, MSU, Moscow, Russia; Microcos12@yandex.ru

The field research of cryogenic processes and seasonal freezing in high-mountain area of central Caucasus were conducted during 2000 – 2010. Results of the research show that thickness of seasonal freezing can range up to 1,5 m during cold winters. Relations among thickness of seasonal frost, snow cover, and altitude were found out. For example, frost ground wasn't detected lower than 2450 m asl, under the snow cover thicker than 1 meter. Also main cryogenic processes of the area were studied.

Введение

Освоение высокогорных территорий и использование их рекреационного потенциала становится все более актуальной проблемой для общества. Огромное влияние на хозяйственное освоение высокогорных территорий оказывают нивально-гляциальные и криогенные процессы, активно протекающие на горных склонах разной крутизны, выровненных и полого наклонных поверхностях. В высокогорных районах склоновые процессы существенно отличаются от подобных явлений и процессов на равнинных территориях. Большую роль играет экспозиция склонов, высота снеговой лавины, значительная изменчивость толщины снежного покрова, характер горно-

долинной циркуляции, температурный градиент, который приводит к понижению температуры воздуха на 0,65°С на каждые 100 м увеличения абсолютной высоты. Для высокогорной зоны типичны значительные амплитуды суточных и годовых температур, увеличение числа переходов через 0°С [1].

С 1998 г. в Приэльбрусье (Кабардино-Балкарская Республика) кафедра криологии и гляциологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова проводит экспедиции научного студенческого общества. Базой экспедиции является Эльбрусская учебно-научная станция. В ходе исследований проводится изучение условий снегонакопления, лавинообразования и лавинного режима, криогенных процессов высокогорий, была оценена снежность зим, изучены способы и методы защиты от лавин в рекреационных центрах. Большой ряд наблюдений позволяет проследить связь между снежностью зим и динамикой сезонного промерзания и криогенных процессов в различных ландшафтных условиях.

Результаты исследований и основные выводы

Комплекс снеговалинных и криогенных наблюдений проводится на южном макросклоне Эльбруса, в районе поляны Азау и поселка Терскол. Одной из задач исследований является изучение динамики сезонно-мерзлого слоя на склонах и дне долины, его дифференциация в зависимости от абсолютной высоты, ландшафтных условий и толщины снега. В ходе работ определяется критическая мощность снега, под которой происходит промерзание, положение высотной границы сезонного промерзания. Изучение динамики и развития сезонного промерзания имеет теоретическую и практическую направленность и необходимо для проектирования наземных и подземных трубопроводов (водоводы), которые очень часто промерзают под снегом, для борьбы с термоэрозией, которая активизируется в летнее время на естественных склонах и, особенно на горно-лыжных трассах, сезонного пучения и криогенного выветривания строительных материалов. Таким образом, изучение криогенных процессов, включающее в себя сбор полевых материалов, обобщение и изучение проведенных ранее исследований, составление прогнозов и карт, необходимо для устойчивого развития высокогорных территорий. В конце XX – начале XXI вв. наблюдалось чередование теплых и холодных многоснежных и холодных малоснежных зим [2]. Во время холодной малоснежной зимы 2000 – 2001, когда температура воздуха в Приэльбрусье в декабре-январе опускалась до -20°С, было отмечено мощное сезонное промерзание (1,5-2 м) на поляне Азау на высоте 2320 м в хвойном лесу. Промерзание было связано с образованием русловой наледи толщиной 15 см. При этом толщина снежного покрова составляла всего 30-40 см (рис. 1).

На других участках также был обнаружен значительный сезонно-мерзлый слой. В летний период при естественном его протаивании на склонах южной экспозиции наблюдалась активная термоэрозия, которая приводила к образованию промоин глубиной до 0,5 м [3].

Следующая зима выдалась снежной – толщина снежного покрова на дне долины и в нижней части склонов достигала двух метров. В результате на абсолютных отметках до 2500 м сезонного промерзания обнаружено не было. В течение последующих зим происходило чередование условий теплых и холодных зим, сезонное промерзание не превышало 30-40 см, наблюдалось активное криогенное выветривание бетонных фундаментов опор канатной дороги и линий электропередач, сезонное пучение и образование туфуров.

В ходе зимних экспедиций НСО 2009-2010 гг. были проведены детальные исследования сезонного промерзания и криогенных процессов на высотах 2350 – 2550 м на южном склоне над поселком Терскол (склон Обсерватория – Терскол) и на юго-

восточном склоне над выкатом горно-лыжной трассы Старый Кругозор – Азау (склон от могилы Неизвестного Солдата до поляны Азау).



Рис 1. Наледь на поляне Азау. (абс. выс. 2330 м).
Зима 2001 г. Фото А.А. Михеева

Наблюдения на склоне южной экспозиции на левом борту долины Азау (Обсерватория – Терскол) были проведены в 2010 г. Были выполнены описания 6 точек. Максимальное промерзание наблюдалось на высоте 2530 м на верхней границе леса при мощности снега 16 см, на участке крутизной 10-15°, в пределах небольшой отдельно стоящей группы сосен. Грунт, представленный супесью с включениями корней растений и обломочного материала, промерз на 15 см (рис. 2). Крнотекстура массивная – в неравномерно мерзлом грунте встречаются отдельные кристаллы льда диаметром до 4 мм. Примечательно, что мощность мерзлого слоя в разрезе, выполненном рядом на открытой поверхности без снега, составила всего 4 см.

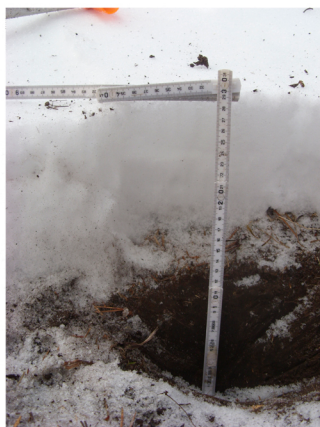


Рис.2 Разрез снежной толщи и подстилаемого грунта на абс. выс. 2530 м (зима 2010 г.). Фото Д.Г.Шмелёва

Выше границы леса (на абс. высоте 2545 м) было выполнено ещё 2 шурфа: на открытом пространстве грунт промерз на 7 см, а под снежным покровом толщиной в 10

см промерзла только дернина на 1 см. Сезонное промерзание на этом склоне было зафиксировано только на высотных отметках более 2470 м, ниже промерзания обнаружено не было. На эпизодически встречающихся участках склона без снега, где снег сдувается и быстро испаряется в солнечную погоду, мощность сезонно-мерзлого слоя также была незначительной (не более 4-7 см), более того, сверху часто грунт был талый, что вызвано активной инсоляцией и возникающим суточным протаиванием.

Таким образом, можно отметить, что промерзание началось еще до выпадения снега. Позже выпавший снег «законсервировал» мерзлые породы. Там, где толщина снежного покрова была незначительной, или там, где снег отсутствовал, произошло протаивание под воздействием прямой солнечной радиации.

Исследования на участке склона могила Неизвестного Солдата – поляна Азау проводились в 2009 и в 2010 гг. Максимальное промерзание (более 0,5 м) в течение этих двух лет было зафиксировано рядом с могилой Неизвестного Солдата на абс. высоте 2550 м в валунно-щебенистых породах с дресвяным и песчаным заполнителем, которые не были перекрыты снегом из-за метелевого воздействия (рис. 3). В зависимости от облачности возможно суточное поверхностное протаивание грунта на глубину до 5 см. В период наблюдений в 2009-2010 гг. текстуру мерзлого слоя можно характеризовать как массивную с отдельными небольших размеров ядрами льда. Нижняя граница сезонного промерзания грунтов была зафиксирована и в 2009 г., и в 2010 г. Не смотря на разницу в погодных условиях в течение зимы на высотных отметках 2445-2450 м. Ниже этих высот из-за избыточного снегонакопления (более 1 м) сезонное промерзание встречается эпизодически в виде ледяных корок на контакте с грунтом. В отличие от склона Обсерватория – Терскол, здесь выявлена обратная связь между высотой снега и толщиной сезонно-талого слоя. В 2009 г. корреляция составила -0,7; -0,82 – в 2010 г.



Рис 3. Шурф на абс. выс. 2550 м (могила Неизвестного Солдата), зима 2009 г. Фото Д.Г. Шмелёва

В целом при сопоставлении двух зим с разными климатическими условиями (зима 2008-2009 была более холодная и многоснежная) можно увидеть различия в динамике сезонного промерзания. Так, на склоне ниже могилы Неизвестного Солдата на верхней границе леса (абс. высота 2490 м) в 2009 г. под 47 см снега был встречен сезонно-мерзлый слой толщиной 26 см, в этом же году – всего лишь 10 см промерзания при мощности снега 50 см. На крутом склоне без растительности на высоте 2465 м в 2009 г.

при высоте снежного покрова 49 см глубина сезонного промерзания достигла 13 см, в 2010 г. при толщине снега 94 см мощность сезонно-мерзлого слоя была 20 см (см. табл. 1).

Исследования, проведенные в 2009 – 2010 гг., показали, что при различных погодных условиях в течение всех типов зим, если исключить специфические и экстремальные условия вроде образования толстых прослоев льда на поверхности грунтов, высотное распространение сезонного промерзания остается достаточно стабильным (рис 4). Снежный покров влияет на глубину сезонного промерзания неоднозначно и при определенных условиях способен как препятствовать развитию сезонного мерзлого слоя, так и способствовать сохранению сезонного промерзания. Корреляция на разных склонах в разные годы меняется от -0,7 до +0,44. Факторами дифференциации развития и существования сезонно-мерзлого слоя выступает ландшафтно-высотный фактор и режим снегонакопления в конкретный зимний сезон. Так, в январе-феврале 2009 и 2010 гг., нижняя граница сезонного промерзания составила 2445-2450 м на склоне южном экспозиции, наибольшее сезонное промерзание было отмечено на верхней границе леса, среди отдельно стоящих сосен.

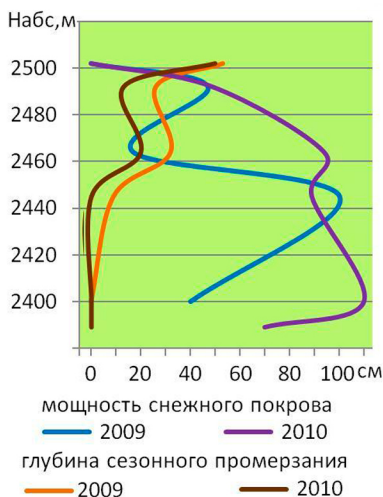


Рис 4. Сравнительный график распределения снежного покрова и глубины сезонного промерзания грунтов за 2009-2010 гг. в зависимости от абсолютной высоты (участок склона от могилы Неизвестного солдата до поляны Азау)

Необходимо учитывать комплекс криогенных процессов и явлений для хозяйственного и рекреационного освоения высокогорных территорий. В Приэльбрусье активно развиваются процессы солифлюкции, термоэрозии, сезонного пучения, которые представляют определенную опасность как для опор и фундаментов канатных дорог и противолавинных сооружений на склонах, так и для горно-лыжных трасс. Морозное выветривание строительных материалов снижает надежность фундаментов зданий и сооружений, в т.ч. опор канатной дороги. Игнорирование сезонного промерзания, которое иногда в Приэльбрусье достигает 1,5-2 м (по данным измерений

в 2000/01 г.), может привести к перемерзанию и закупориванию наземных и подземных трубопроводов, прежде всего водоводов [3].

В малоснежные зимы в высокогорье Центрального Кавказа широко развито образование наледей, которое происходит и на склонах, и в днищах долины. В долине Баксана и его притоков крупные русловые наледы приурочены к участкам древних и современных задровых расширений водотоков, где в результате их растекания и малой скорости течения на относительно горизонтальных поверхностях происходит промерзание грунтов. Крупные наледы образуются в верховьях долин рек Адырсу и Адылсу, в устьевой части реки Челмас и др. В малоснежные холодные зимы для высокогорья также характерны склоновые наледы, которые возникают на участках летних водопадов и выходов грунтовых вод. Такие наледы занимают русло водотока и образуются даже на крутых склонах, достигая ширины 5-10 м (ручьи в долинах рек Азау, Терскол, Челмас и др.) [4].

Таблица 1. Толщина снега и глубина сезонного промерзания на гребне потока лавы, абс. в 2550 м («Могила Неизвестного Солдата – Азау»)

Абсолютная высота, м над ур.м.	Описание точки наблюдений	Толщина снега, 2009 г., см	Глубина сезонного промерзания, 2009 г., см	Толщина снега, 2010 г., см	Глубина сезонного промерзания, 2010 г., см
2502	Каменистые россыпи без растительности	0	>50	0	50
2492	Верхняя граница хвойного леса	47	26	49	13
2464	Крутой склон без древесной растительности	17	32	94	20
2445	Пологий склон, подрост сосны	100	9	89	0
2400	Крутой склон, березовое криволесье, подрост сосны	40	0	110	0
2389	Крутой склон, березовое криволесье	-	-	70	6

Литература

1. Авессаломова И.А., Петрушина М.Н., Хорошев А.В. Горные ландшафты: структура и динамика. Учебное пособие. М.: Изд-во Млск. Ун-та, 2002. 158 с.
2. Володичева Н.А., Олейников А.Д. Эльбурская учебно-научная станция. В кн.: Учебно-научные географические станции вузов России / под ред. Г.И. Рычагова и С.И. Антонова. М.: Геогр. факультет МГУ, 2001. 326-371.
3. Изучение нивально-гляциальных процессов и сезонного промерзания в малоснежную зиму в Приэльбрусье. /Каштанов А.С., Лаврентьев И.И., Михеев А.А. и др. // Материалы Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов -2010». Секция География. М.: Изд-во «Географический факультет МГУ», 2001. с. 138.
4. Бондарев И.В., Майсурадзе Г.М. Некоторые особенности морфогенеза, динамики и пространственного размещения мерзлых грунтов на Кавказе. В кн.: Криогенные явления высокогорья. Новосибирск: Изд-во «Наука», 1978. с. 43-59.



к 100-летию со дня рождения В.А. Кудрявцева

**МАТЕРИАЛЫ
ЧЕТВЕРТОЙ
конференции геокриологов России**

**МГУ имени М.В. Ломоносова
7-9 июня 2011 г.**

ТОМ 2

Часть 5. Региональная и историческая геокриология

Часть 6. Динамическая геокриология

**Москва
Университетская книга
2011**