

УДК 551.506: 551.581.2: 551.582: 551.585.7

DOI: 10.34753/HS.2020.2.3.246

**ПРОМЕРЗАНИЕ ПОЧВ И  
ГРУНТОВ И ВЕСЕННИЕ  
ЛАВИНЫ НА СЕВЕРНОМ  
МАКРОСКЛОНЕ ХРЕБТА АИБГА**

Г.Л. Морозов

*Главный инженер проекта, г. Сочи, Россия*

gabion@list.ru

**Аннотация.** Исследования промерзания грунта на северо-восточном склоне хребта Аибга проводились по материалам натурных наблюдений за ходом метеорологических элементов, наблюдавшимся на трёх автоматизированных метеостанциях, располагающихся выше плато Роза Хутор на абсолютных отметках от 2130 до 1580 м. Для территории горнолыжного комплекса «Роза Хутор» (посёлок Красная Поляна) проблемы, связанные с промерзанием грунта, не являются актуальными. Установлено, что промерзание грунта на северо-восточном склоне хребта Аибга отсутствует, что, с одной стороны, позволяет значительно удешевить строительства фундаментной части зданий и сооружений, но, с другой стороны, не даёт возможности проводить раннее (по календарным датам) оснежение горнолыжных трасс. Искусственное оснежение склонов (напыление снега на голый грунт) осенью является весьма проблематичным из-за большого притока тепла от грунтов горного массива. Работы по оснежению склонов целесообразно производить после установления устойчивого снежного покрова, причём его минимальная толщина должна составлять 25 см. Частые оттепели и связанные с ними осадки в жидкой фазе способны сформировать в толще снежного покрова влагонасыщенные пласты, образующие термоклин, способствующий образованию весенних лавин влажного и мокрого снега. На всех снеговых метеостанциях за период их наблюдения среднемесячная температура на контакте снежного покрова с поверхностью грунта была всегда положительна на протяжении всего холодного периода.

**THE FREEZING OF THE SOIL AND  
SPRING AVALANCHES ON THE  
NORTHERN SLOPES OF THE  
AIBGA RIDGE**

Georgy L. Morozov

*Chief project engineer, Sochi, Russia*

gabion@list.ru

**Abstract.** Studies of ground freezing on the North-Eastern slope of the Aibga ridge (Western Caucasus) were conducted based on observations of the course of meteorological elements at three automated weather stations. Weather stations are located above the Rosa Khutor plateau at absolute elevations from 2130 to 1580 m. For the territory of the Rosa Khutor ski resort in the village. Krasnaya Polyana problems associated with the freezing of the soil, are not relevant. It is established that there is no ground freezing on the North-Eastern slope of the Aibga ridge. This allows you to significantly reduce the cost of construction of the foundation part of buildings and structures, but does not allow you to carry out early (on calendar dates) snowmaking of ski slopes. Artificial snowmaking of slopes (spraying snow on bare ground) in the fall is very problematic due to the large influx of heat from the soil of the mountain range. It is advisable to carry out snowmaking operations on the slopes after the establishment of a stable snow cover. Its minimum thickness should be 25 cm. Frequent thaws and associated precipitation in the liquid phase can form moisture-saturated layers in the snow cover that form a thermocline. This contributes to the formation of spring avalanches of wet snow. At all snow weather stations during the period of their observation, the average monthly temperature at the contact of the snow pack with the ground surface was always positive throughout the cold period. Studies have shown that before the establishment of a stable snow pack, the ground surface temperature fluctuates in a fairly large range. Since the establishment of a stable snow cover, the ground surface temperature begins to gradually increase, and by January 1 next year it already reaches +0.2°C. In the spring of 2010, snow

Исследования показали, что до установления устойчивого снежного покрова температура поверхности грунта колеблется в достаточно большом диапазоне. С момента установления устойчивого снежного покрова температура поверхности грунта начинает постепенно расти и к 1 января следующего года уже достигает  $+0,2^{\circ}\text{C}$ . Весной 2010 года на горнолыжном комплексе «Роза Хутор» сошли снежные лавины, разрушившие подстилающий почвенный слой. Причиной разрушения почвенного слоя явилось талое состояние грунтов под снежным покровом. Подобные снежные лавины случайны и происходят крайне редко.

**Ключевые слова:** метеорологическая станция; Роза Хутор; Кавказ; лавина; промерзание грунтов; снежный покров; теплопроводность снега

### Введение

Весной 2010 года на горнолыжном комплексе «Роза Хутор» (посёлок Красная Поляна) сошли снежные лавины, разрушившие подстилающий почвенный слой. Лавины вызвали тревогу у руководства горнолыжного комплекса. Образование лавин было связано с состоянием грунтов, подстилающих снежный покров.

Исследование явлений, связанных с промерзанием грунта, на северном макросклоне хребта Аибга ранее никогда не проводились. Не освещён в литературе и вопрос о промерзании почв и грунтов в предгорьях и высокогорной зоне Западного склона Главного Кавказского хребта

Не проводились и исследования связи между состоянием почв и грунтов в период весеннего снеготаяния с образованием лавин.

Сведения о промерзании грунтов являются важными для проектирования объектов и сооружений.

### Методы исследования

В основу данной работы положены материалы натуральных наблюдений за ходом

avalanches descended on the Rosa Khutor ski complex (Krasnaya Polyana), destroying the underlying soil layer. The reason for the destruction of the soil layer was the thawed state of the soil under the snow cover. Such avalanches are random and extremely rare.

**Keywords:** Caucasus; Rosa Khutor; avalanche; ground freezing; snow pack; thermal conductivity of snow

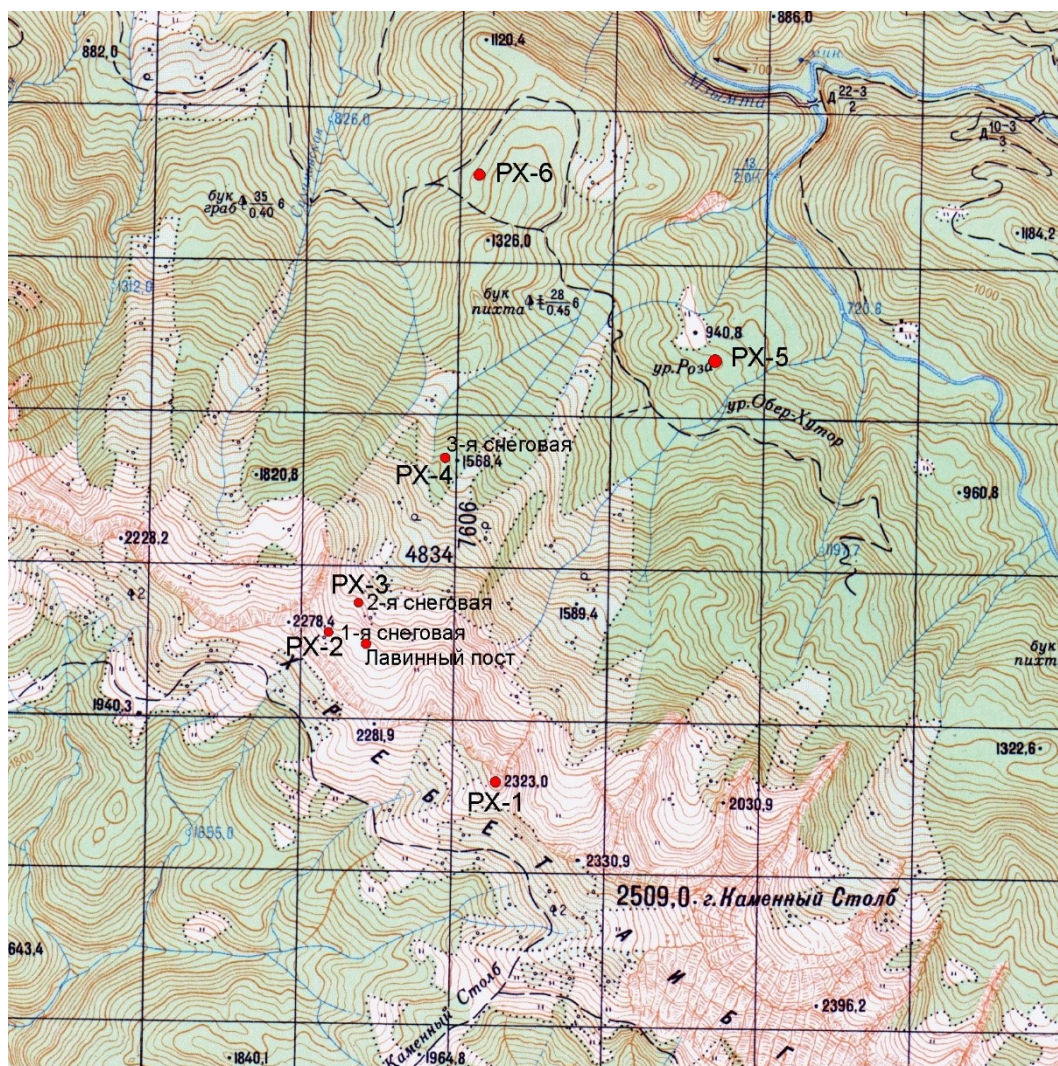
метеорологических элементов, наблюдавшимся на 3-х автоматизированных метеостанциях РХ-2, РХ-3, РХ-4 (далее по тексту – снеговые станции), располагающихся выше плато Роза Хутор на абсолютных отметках от 2130 до 1580 м.

Указанные метеостанции разработаны в Швейцарии (поставщик SensAlpin GmbH) и прошли соответствующую сертификацию на территории Российской Федерации. Опрос датчиков на автоматических метеостанциях производится каждые полчаса. Получаемые на них данные измерений приводятся в величинах Международной системы единиц и соответствуют Российским стандартам.

За исключением данных об интенсивности ливней, метеостанции передают данные о сумме осадков в мм/час (по Российским стандартам – мм/мин).

Монтаж и наладка станций осуществлялись специалистами ООО «Инжзащита» (город Сочи) с привлечением Швейцарских специалистов. Эксплуатация метеостанций осуществляется специалистами ООО «Инжзащита».

Схема размещения снеговых метеостанций показана на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Схема расположения метеостанций

**Figure 1.** The scheme of weather stations location

К сожалению, данные об осадках, выпадающих на вышеуказанных снеговых станциях, можно получать только в тёплый период года, в виду отсутствия электропитания для обогрева стаканов осадкомеров. Стандартная солнечная батарея, располагаемая на этих станциях, обслуживает датчики, процессор и модем для передачи данных в центр. На отопление осадкомерного стакана её мощности не хватает (потребляемая мощность спирали нагревателя – 400 Вт) и для её работы необходимо подвести отдельный кабель питания 220 В.

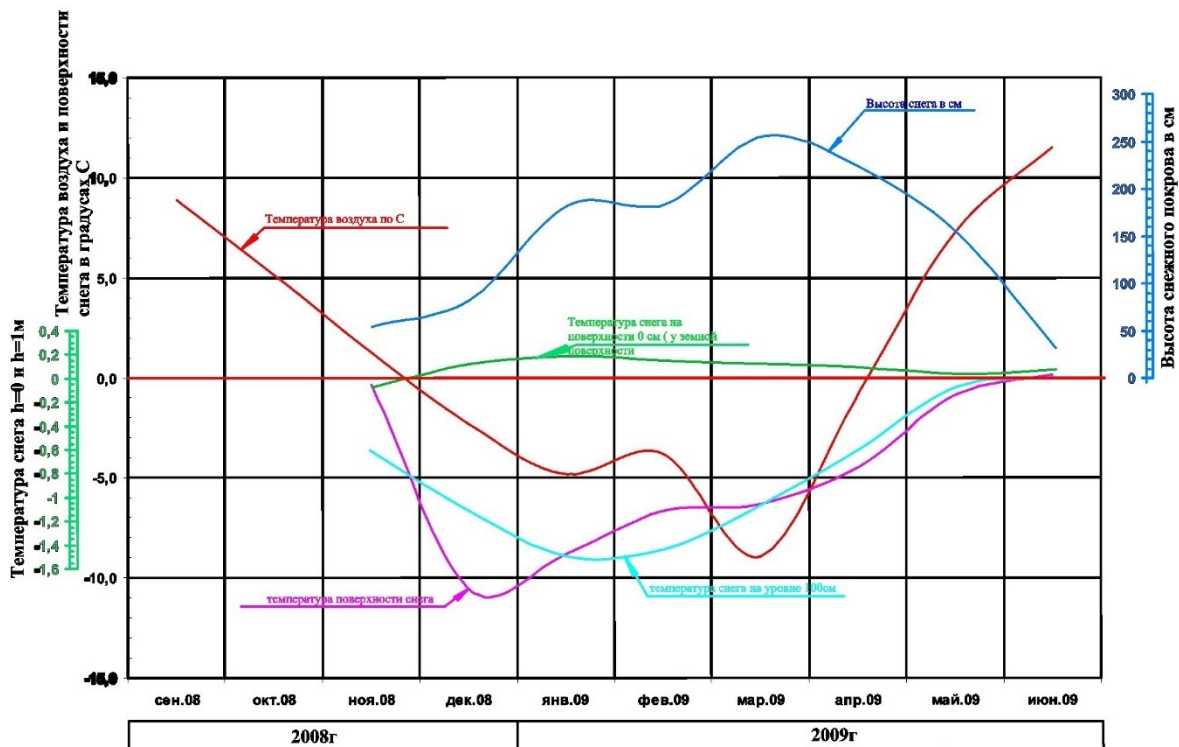
Исходя из вышеизложенного, о количестве осадков в холодный период года можно судить лишь косвенно по динамике изменения высоты снежного покрова и по данным об осадках,

наблюдавшихся на лавинном посту «Роза Хутор». Это несколько некорректно, но, принимая во внимание, что лавинный пост находится практически на одной высотной отметке с 1-й снеговой станцией и удалён от неё на 130 м, их можно считать репрезентативными.

### Результаты и обсуждения

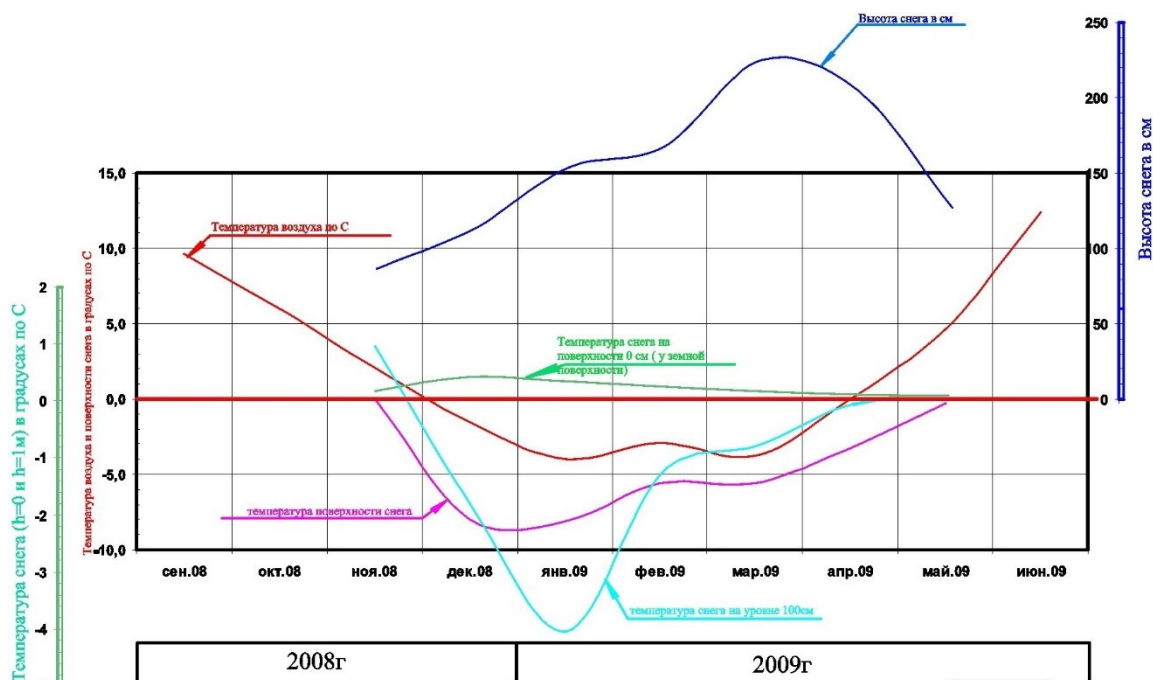
Исследование было выполнено на основе метеорологических наблюдений за температурой воздуха, температурой снежного покрова на разных глубинах и высотой снежного покрова.

Рассмотрим комплексные графики хода среднемесячных значений метеоэлементов по снеговым станциям (рисунки 2-7).



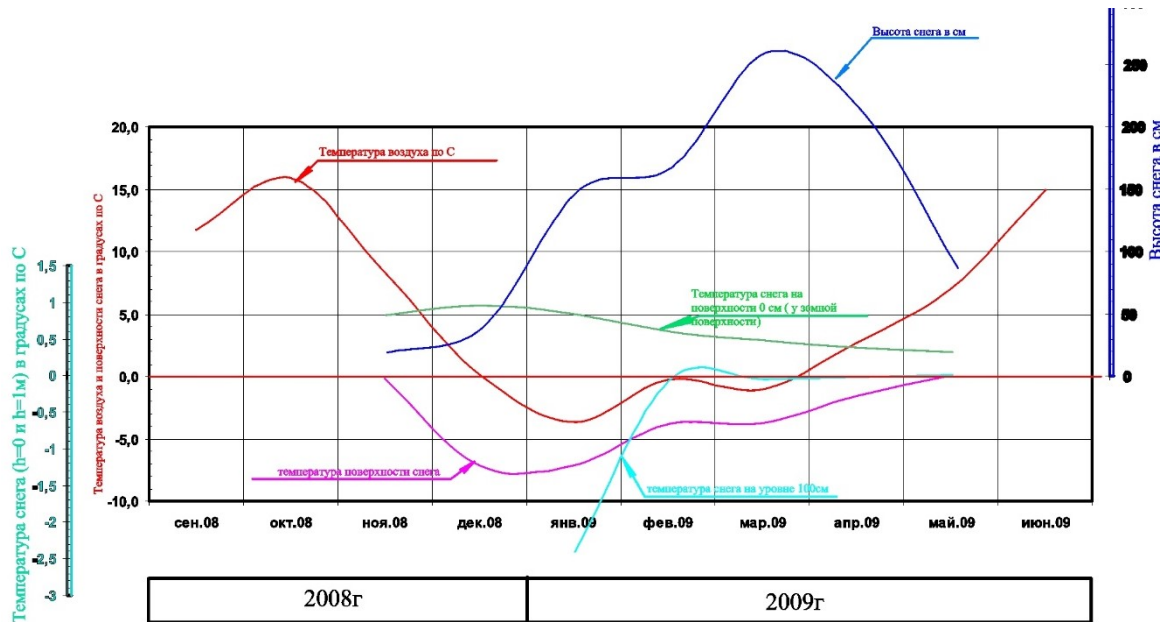
**Рисунок 2.** Комплексный график хода среднемесячных величин температуры воздуха, снежного покрова на разных глубинах и высоты снежного покрова на метеостанции «1-я снеговая Роза Хутор» (абсолютная отметка 2130 м) зимой 2008-2009 годов

**Figure 2.** Graph of the average monthly values of air temperature, snow pack at different depths and snow pack height at the weather station "1st snow Rose Khutor" (altitude 2130 m) in the winter of 2008-2009



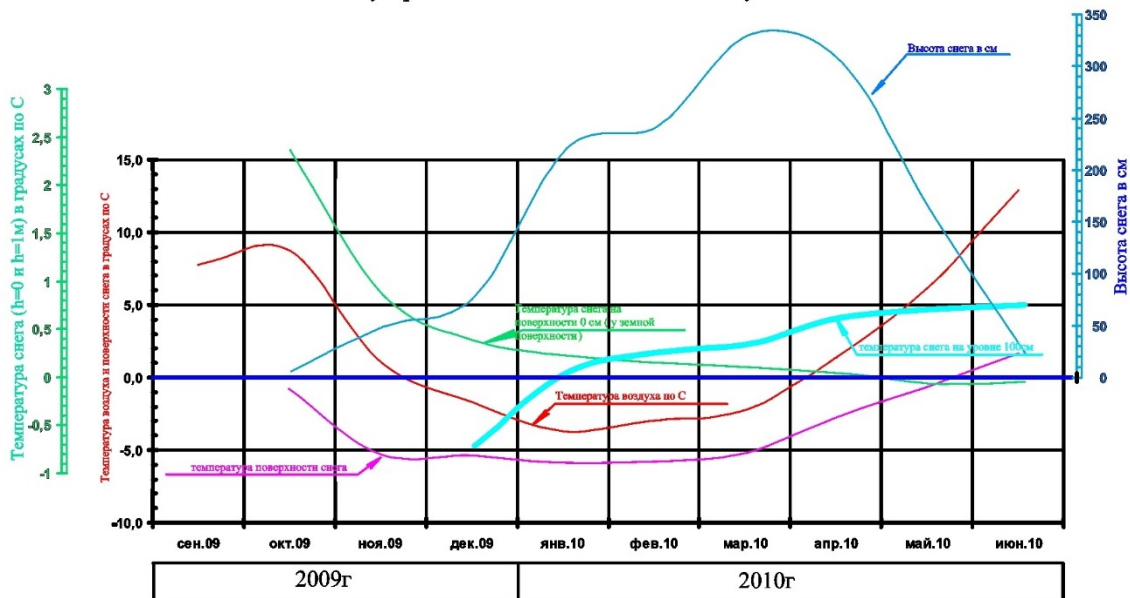
**Рисунок 3.** Комплексный график хода среднемесячных величин температуры воздуха, снежного покрова на разных глубинах и высоты снежного покрова на метеостанции «2-я снеговая Роза Хутор» (абсолютная отметка 2010 м) зимой 2008-2009 годов

**Figure 3.** Graph of the average monthly values of air temperature, snow pack at different depths and snow pack height at the weather station "2st snow Rose Khutor" (altitude 2010 m) in the winter of 2008-2009



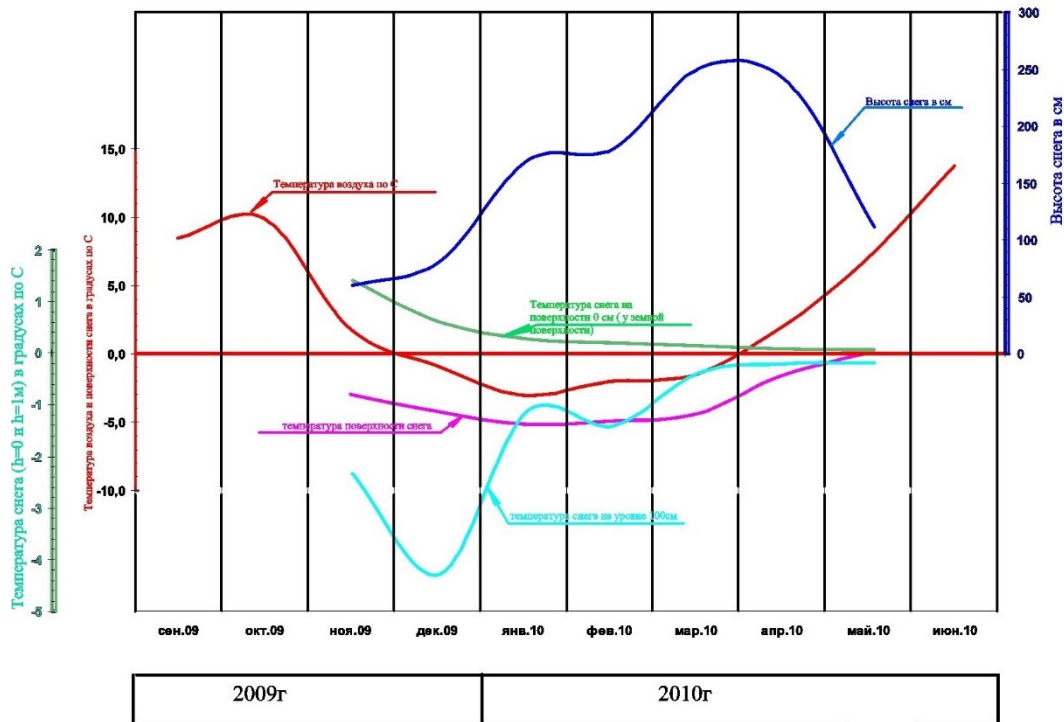
**Рисунок 4.** Комплексный график хода среднемесячных величин температуры воздуха, снежного покрова на разных глубинах и высоты снежного покрова на метеостанции «3-я снеговая Роза Хутор» (абсолютная отметка 1580 м) зимой 2008-2009 годов

**Figure 4.** Graph of the average monthly values of air temperature, snow pack at different depths and snow pack height at the weather station "3st snow Rose Khutor" (altitude 1580 m) in the winter of 2008-2009



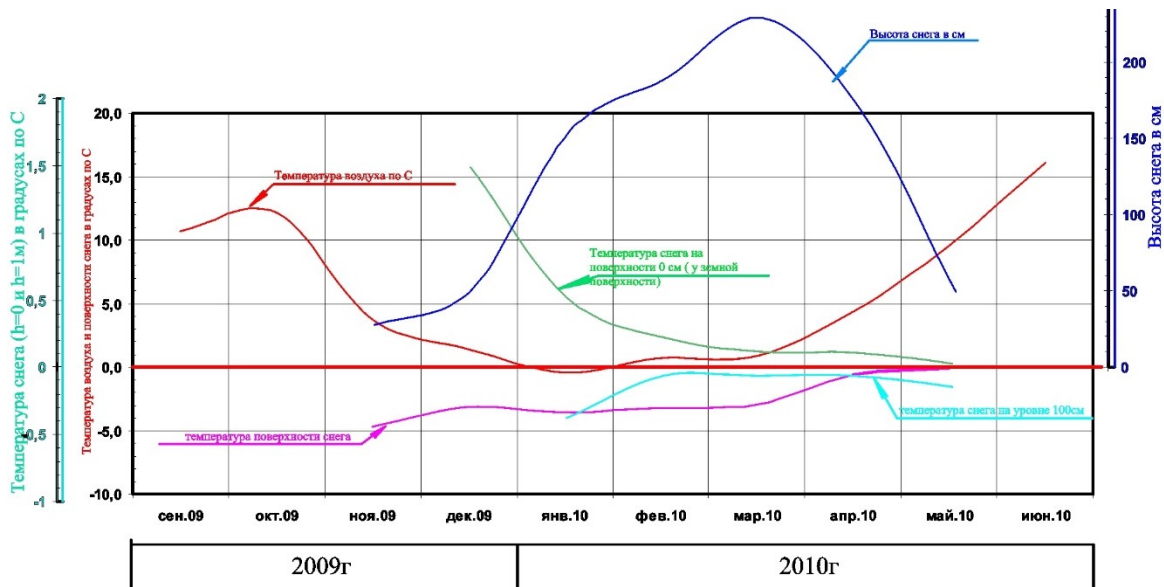
**Рисунок 5.** Комплексный график хода среднемесячных величин температуры воздуха, снежного покрова на разных глубинах и высоты снежного покрова на метеостанции «1-я снеговая Роза Хутор» (абсолютная отметка 2130 м) зимой 2009-2010 годов

**Figure 5.** Graph of the average monthly values of air temperature, snow pack at different depths and snow pack height at the weather station "1st snow Rose Khutor" (altitude 2130 m) in the winter of 2009-2010



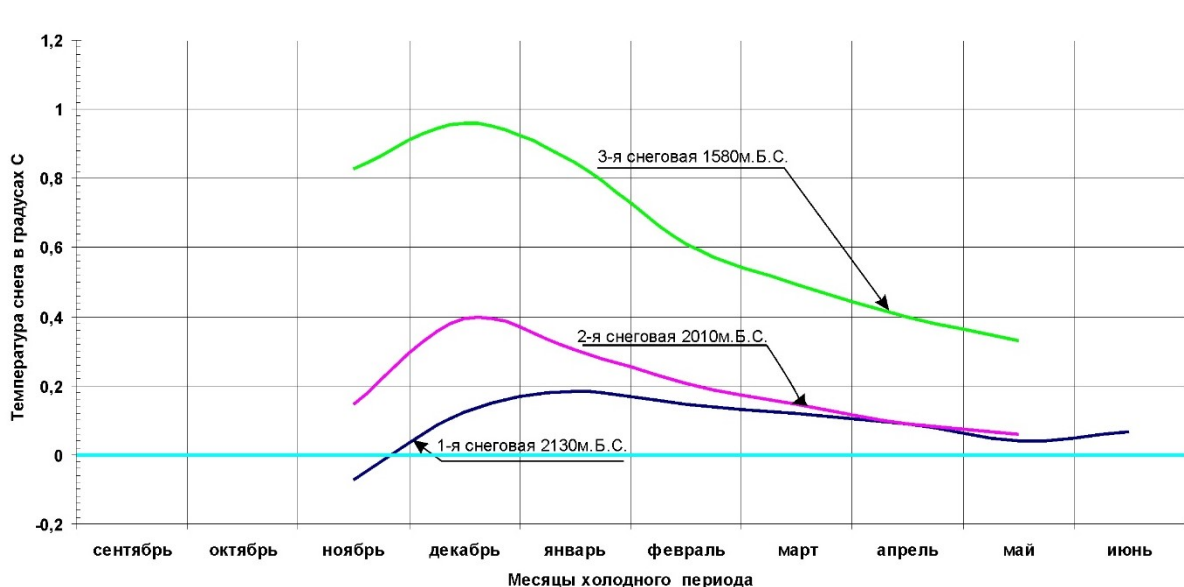
**Рисунок 6.** Комплексный график хода среднемесячных величин температуры воздуха, снежного покрова на разных глубинах и высоты снежного покрова на метеостанции «2-я снеговая Роза Хутор» (абсолютная отметка 2010 м) зимой 2009-2010 годов

**Figure 6.** Graph of the average monthly values of air temperature, snow pack at different depths and snow pack height at the weather station "2st snow Rose Khutor" (altitude 2010 m) in the winter of 2009-2010



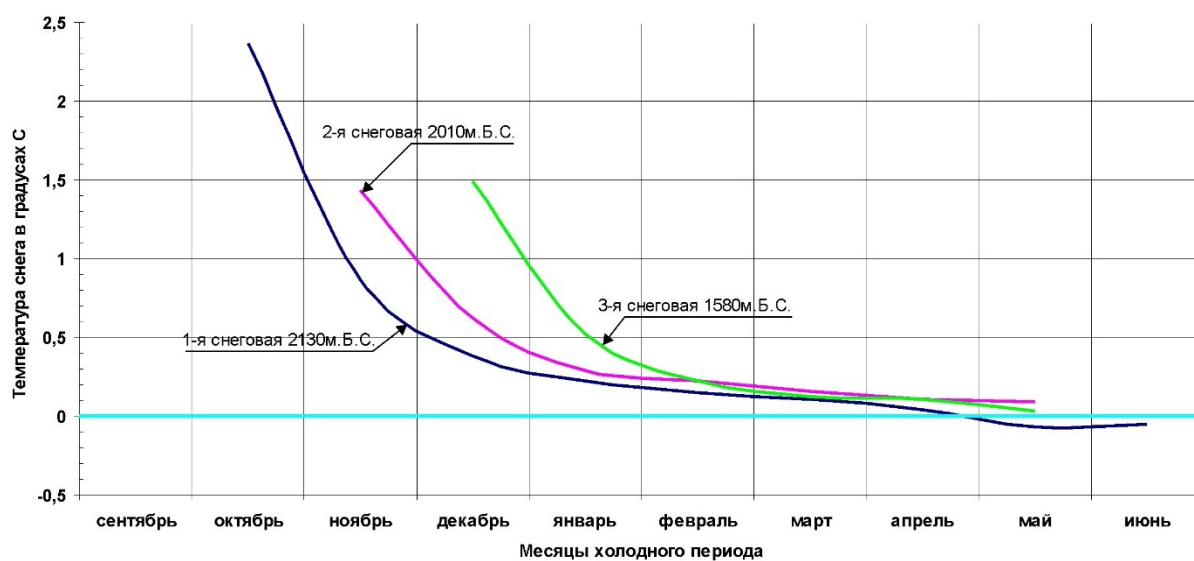
**Рисунок 7.** Комплексный график хода среднемесячных величин температуры воздуха, снежного покрова на разных глубинах и высоты снежного покрова на метеостанции «3-я снеговая Роза Хутор» (абсолютная отметка 1580 м) зимой 2009-2010 годов

**Figure 7.** Graph of the average monthly values of air temperature, snow pack at different depths and snow pack height at the weather station "3st snow Rose Khutor" (altitude 1580 m) in the winter of 2009-2010



**Рисунок 8.** Ход среднемесячных величин температуры снега на поверхности грунта на снеговых метеостанциях зимой 2008-2009 годов

**Figure 8.** The average monthly values of snow temperature on the ground surface at the snow weather stations in the winter of 2008-2009



**Рисунок 9.** Ход среднемесячных величин температуры снега на поверхности грунта на снеговых метеостанциях зимой 2009-2010 годов

**Figure 9.** The average monthly values of snow temperature on the ground surface at the snow weather stations in the winter of 2009-2010

Анализ имеющейся информации в аспекте промерзания почв и грунтов показал, что на всех снеговых метеостанциях за период их наблюдения среднемесячная температура снежного покрова для термометров на уровне  $h=0$  см (на контакте с поверхностью грунта) была всегда положительна на протяжении всего холодного периода.

Ход среднемесячных температур снега на уровне  $h=0$  см показан на рисунках 8, 9. При этом среднемесячные температуры воздуха и поверхности снега имели отрицательные значения.

Исключением является 1-я снеговая станция в зимний период 2009-2010 годов, по которой в мае на уровне снега  $h=0$  см

наблюдались незначительные отрицательные температуры ( $-0,15^{\circ}\text{C}$ ), но о причинах и последствиях этой аномалии мы расскажем далее.

Чтобы досконально понять эти процессы, нами были проанализированы данные срочных наблюдений по 1-й снеговой метеостанции за период становления устойчивого снежного покрова (рисунок 10, направление графика обратное).

Из приведённого графика видно, что в период до установления устойчивого снежного покрова температура поверхности грунта колеблется в достаточно большом диапазоне. Последнее объясняется радиационным выхолаживанием незащищённого грунта в ночное время и ветрами в дневное.

С момента установления устойчивого снежного покрова, температура поверхности грунта начинает постепенно расти и к 1 января следующего года уже достигает  $+0,2^{\circ}\text{C}$ , причём аналогичная картина наблюдается и на остальных

снеговых станциях.

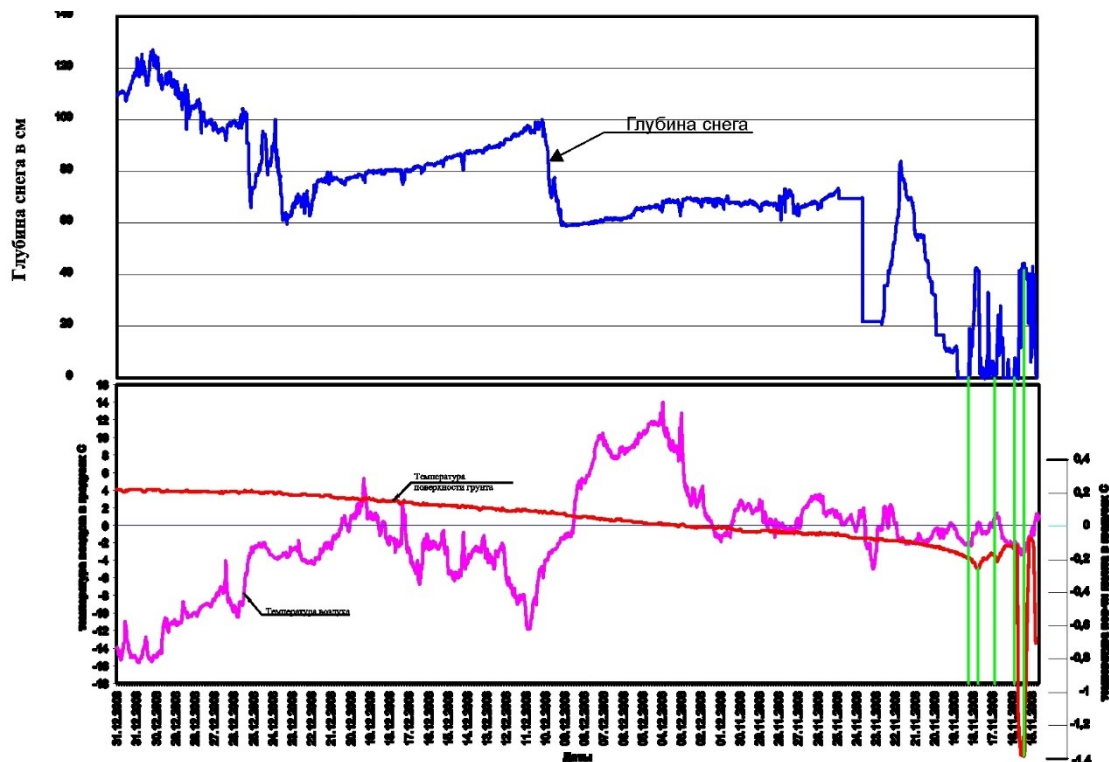
В соответствии с уравнением теплового баланса очевидно, что приток тепла от подстилающих грунтов превосходит его отток через толщу снега, что и ведёт к росту температуры поверхности грунта под снегом.

В середине зимы картина меняется, температура поверхности грунта начинает очень медленно падать, что объясняется двумя причинами.

1. Приток тепла от грунтов, накопленный горным массивом за тёплый период, постепенно падает.

2. Вследствие уплотнения снега его теплопроводность постепенно увеличивается, что в свою очередь приводит к росту оттока тепла через снежную толщу. Последнее хорошо иллюстрирует формула Янсона для снега различной плотности:

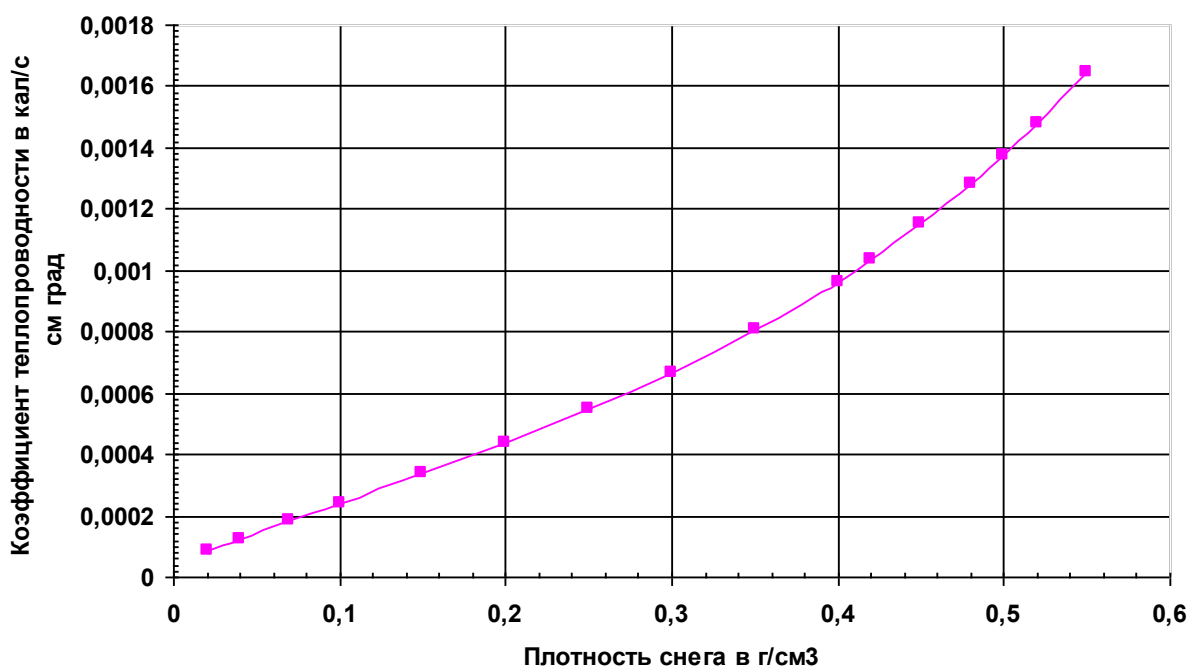
$$\lambda = 10^{-3}(0,05 + 1,9\rho + 6\rho^4) \quad (1).$$



**Рисунок 10.** Комплексный график хода среднемесячных величин температуры воздуха, температуры поверхности почвы и высоты снежного покрова на метеостанции «1-я снеговая Роза Хутор» (абсолютная отметка 2130 м) зимой 2009-2010 годов

**Figure 10.** Graph of the average monthly values of air temperature, snow temperature on the ground surface and the snow pack height at the weather station "1st snow Rose Khutor" (altitude 2130 m) in the winter of 2009-2010





**Рисунок 11.** Зависимость коэффициента теплопроводности снега от его плотности

**Figure 11.** Dependence of the snow thermal conductivity coefficient on its density

На рисунке 11 показано изменение теплопроводности снега в зависимости от его плотности в соответствии с формулой (1). Для свежеснежавшего снега при плотности  $\rho=0,07 \text{ г/см}^3$  коэффициент теплопроводности  $K_t=0,0002 \text{ кал/(с}\cdot\text{см}\cdot\text{градус)}$ , а для слежавшегося, перекристаллизовавшегося весеннего снега плотностью  $\rho=0,4 \text{ г/см}^3$  коэффициент теплопроводности уже  $K_t=0,001 \text{ кал/(с}\cdot\text{см}\cdot\text{градус)}$  – то есть в 10 раз больше.

Конечно в реальных условиях в толще снега могут наблюдаться скачки плотности, что обусловлено генезисом формирования снежного массива (видом осадков, ходом температур воздуха, ветровым режимом, экспозицией склона, инсоляцией и так далее).

Однако, возвращаясь к теме данной работы, необходимо подчеркнуть, что при толщине снежного покрова более 0,5 м температура поверхности грунта под снегом, для рассматриваемого района, на протяжении всего холодного периода остаётся положительной, что в свою очередь свидетельствует в пользу того, что промерзание почв и грунтов отсутствует.

Не вступая в спор с оппонентами, соглашусь, что ряд наблюдений, состоящий из

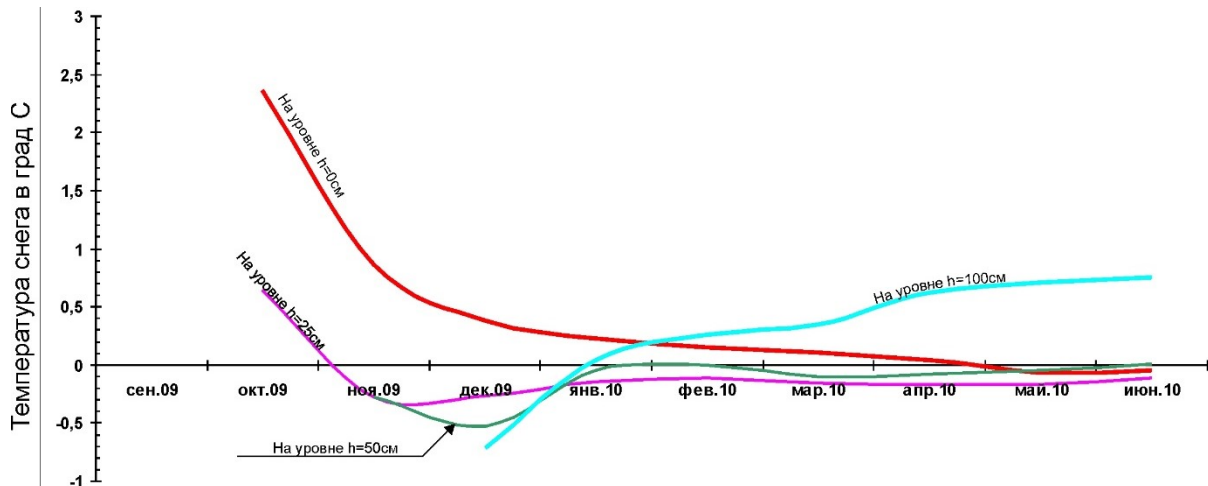
двух зим, отнюдь не является репрезентативным. Однако даже такой короткий ряд наблюдений позволяет увидеть основные закономерности исследуемого процесса.

Необходимо отметить, что снеготопы двух холодных периодов, рассматриваемых в данной работе (зимы 2008-2010 годов), являются весьма скромными для этих высот, по сравнению с ранее наблюдаемыми по метеостанциям Ачишхо (1929-1988 годы) и Аибга (1995-2010 годы).

Теперь вернёмся к графику, представленному на рисунке 9, и попробуем объяснить аномальное поведение температур снега на уровне  $h=0 \text{ см}$  (подстилающая поверхность) на первой снеговой станции в мае и июне 2010 года.

Рассмотрим график хода среднемесячных температур снега на первой снеговой станции (рисунок 12) на разных уровнях зимой 2009-2010 годов.

Как видно, к концу декабря 2009 года в снежном покрове на 1-й снеговой станции на уровне  $h=100 \text{ см}$  сформировался устойчивый термоклин положительных температур.



**Рисунок 12.** Ход среднемесячных величин температуры снега на разных глубинах зимой 2009-2010 годов. Метеостанция «1-я снеговая Роза Хутор»

**Figure 12.** The course of the average monthly values of snow temperature at different depths in the winter of 2009-2010. Weather station "1st snow Rose Khutor"

Анализ хода среднемесячной температуры воздуха (рисунок 5) показывает, что среднемесячная температура воздуха в рассматриваемый период была отрицательной, однако не будем забывать, что речь идёт о среднемесячной температуре воздуха. Фактическая (срочная) наблюденная температура воздуха имела значительные колебания. В этот период были отмечены оттепели, в течение которых выпадали осадки в жидкой фазе.

Именно эти тёплые осадки и сформировали вышеуказанный термоклин в виде влажного, водонасыщенного, тяжёлого снежного пласта.

График метеорологических элементов на 1-й снеговой станции за декабрь-январь 2009-2010 годов и данные по метеоэлементам на 1-й снеговой станции и на снеголавинном посту «Роза Хутор» показаны в таблицах 1, 2 и на рисунке 13.

**Таблица 1.** Метеорологические данные на 1-й снеговой станции за 29.12.2009 год

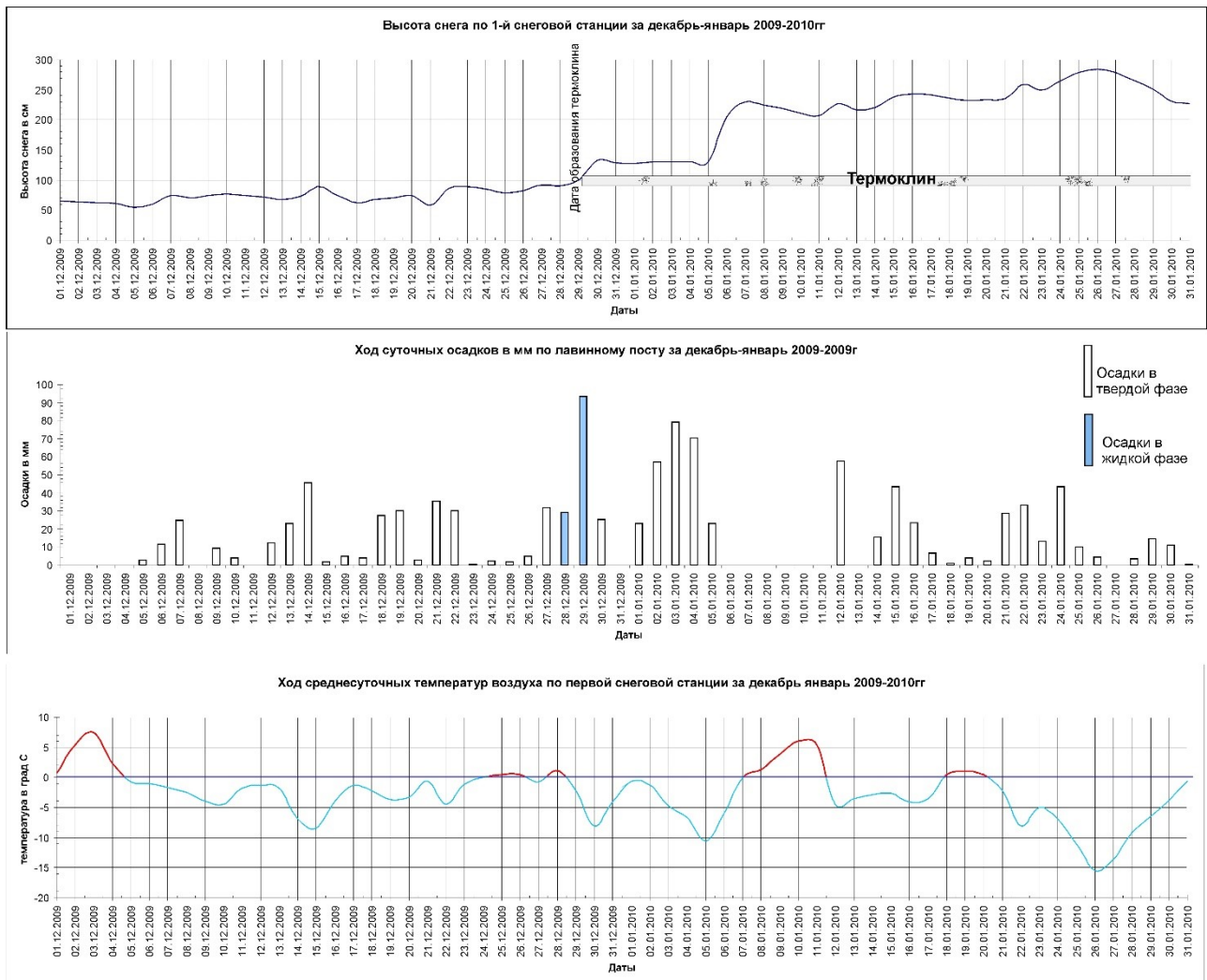
**Table 1.** Meteorological data at the 1st snow station for 29.12.2009

Число	Время (МС)+3 от с.мирового	t. воздуха (оС)	Влажность отн. (%)	Напр. ветра (град)	Ск. ветра, ср. (м/с)	Ск. ветра, макс. (м/с)	Отр. коротк. изл. (W/m2)	Глубина снега (см)	t пов. снега (оС)	t снега, 100см (оС)	t снега, 50см (оС)	t снега, 25см (оС)	t снега, 0см (оС)	К-во осад. сум. (мм)	К-во осад. пер. (мм)	Интенсивно-сть средн. (мм/ч)	Интенсивн-ость макс. (мм/ч)
29.12.2009	10:00:00	-1,679	100	A	A	A	43,34	98,3	-0,932	-1,076	-0,477	-0,328	0,313	924	0	0	0
29.12.2009	10:30:00	-2,124	100	A	A	A	47,92	99,4	-1,497	-1,064	-0,472	-0,325	0,314	924	0	0	0
29.12.2009	11:00:00	-2,404	100	A	A	A	65,31	102,2	-1,881	-1,052	-0,471	-0,321	0,319	924	0	0	0
29.12.2009	11:30:00	-3,185	100	A	A	A	66,39	101,9	-2,627	-1,042	-0,458	-0,32	0,318	924	0	0	0
29.12.2009	12:00:00	-3,077	100	A	A	A	70,85	99,2	-2,501	-1,035	-0,453	-0,32	0,313	924	0	0	0
29.12.2009	12:30:00	-2,861	100	A	A	A	65,18	97,9	-2,364	-1,021	-0,452	-0,32	0,313	924	0	0	0
29.12.2009	13:00:00	-2,477	100	A	A	A	80,3	98,7	-2,316	-1,014	-0,444	-0,32	0,314	924	0	0	0
29.12.2009	13:30:00	-3,431	100	A	A	A	64,32	104,6	-3,09	-1,003	-0,436	-0,32	0,313	924	0	0	0
29.12.2009	14:00:00	-3,426	100	A	A	A	36,33	109,7	-2,761	-0,991	-0,433	-0,32	0,311	924	0	0	0
29.12.2009	14:30:00	-3,439	100	A	A	A	37,7	106,1	-2,954	-0,983	-0,433	-0,319	0,31	924	0	0	0
29.12.2009	15:00:00	-3,641	100	A	A	A	36,27	106,7	-3,347	-0,974	-0,428	-0,314	0,305	924	0	0	0
29.12.2009	15:30:00	-3,877	100	A	A	A	27,42	108,6	-3,535	-0,965	-0,417	-0,31	0,302	924	0	0	0
29.12.2009	16:00:00	-4,089	100	A	A	A	20,82	110,3	-3,607	-0,954	-0,414	-0,304	0,298	924	0	0	0
29.12.2009	16:30:00	-4,218	100	353,4	0,874	3,462	9,64	106,6	-3,745	-0,943	-0,414	-0,301	0,294	924	0	0	0
29.12.2009	17:00:00	-4,177	100	356,4	0,99	4,147	1,469	107,5	-3,376	-0,935	-0,414	-0,301	0,295	924	0	0	0
29.12.2009	17:30:00	-3,908	100	2,504	0,738	4,538	0,046	110	-3,261	-0,926	-0,406	-0,3	0,295	924	0	0	0
29.12.2009	18:00:00	-4,663	100	332,5	1,547	6,142	0	117,5	-4,232	-0,916	-0,405	-0,301	0,294	924	0	0	0
29.12.2009	18:30:00	-4,311	100	357,3	0,874	4,127	0	115,2	-3,327	-0,905	-0,405	-0,301	0,288	924	0	0	0
29.12.2009	19:00:00	-3,251	100	44,42	1,315	5,125	0	116,4	-2,543	-0,888	-0,404	-0,294	0,281	924	0	0	0
29.12.2009	19:30:00	-3,025	100	67,2	1,158	4,714	0	115,6	-2,43	-0,888	-0,395	-0,293	0,285	924	0	0	0
29.12.2009	20:00:00	-2,929	100	54,94	1,276	6,572	0	116,5	-2,405	-0,876	-0,393	-0,291	0,285	924	0	0	0
29.12.2009	20:30:00	-3,539	100	71,67	1,565	3,834	0	114,3	-2,947	-0,87	-0,387	-0,292	0,283	924	0	0	0
29.12.2009	21:00:00	-3,793	100	38,12	0,448	2,347	0	114,3	-3,334	-0,865	-0,386	-0,291	0,276	924	0	0	0
29.12.2009	21:30:00	-4,242	100	46,47	0,163	2,328	0	115,6	-3,897	-0,854	-0,384	-0,29	0,276	924	0	0	0
29.12.2009	22:00:00	-4,814	100	105	0,383	3,306	0	120	-4,356	-0,846	-0,382	-0,288	0,276	924	0	0	0
29.12.2009	22:30:00	-5,04	100	108,9	0,041	1,995	0	120,5	-4,571	-0,839	-0,378	-0,286	0,275	924	0	0	0
29.12.2009	23:00:00	-5,133	100	A	A	A	0	124,1	-4,579	-0,831	-0,377	-0,283	0,275	924	0	0	0
29.12.2009	23:30:00	-5,093	100	A	A	A	0	121,2	-4,519	-0,825	-0,373	-0,282	0,275	924	0	0	0

Примечание. Данные по ветру с вписанным значением «А» в голубом поле указывают на отсутствие данных (датчик анеморумбомера – обледенел и не вращался)

**Таблица 2. Метеорологические данные на снеголавинном посту «Роза Хутор» за 27-31.12.2009 год**  
**Table 2. Meteorological data at the Rosa Khutor snow-avalanche post for 27-31.12.2009**

Число	t°C ср	t°C MIN	t°C MAX	% CP	% MIN	t°C снега средн.	t°C снега мп.	t°C снега макс.	h снега	ветер напр.	ветер средн.	ветер макс.	облачность		E	D	осадки	давление	атмосферные явления
													общ.	нижн.					
27	-0,4	-2,5	1	94	87	-1,2	-5,5	0	115	св	3	10	3	3	5,59	0,38	31,8		снег, туман
28	1,3	0,2	2,1	96	90	0	-0,8	0	108	в	12	20	8	8	6,45	0,26	29,2		дождь, снег, дымка, туман
29	-1,4	-4	2,1	96	93	-0,5	-0,5	0	116	в	7	20	?	?	5,34	0,23	93,4		дождь, снег, туман
30	-6,8	-7,9	-3,5	95	93	-6,1	-8,2	-2,5	150	вюв	2,5	10	3	3	3,5	0,18	25,2		
31	-6,7	-10,1	-2,3	68	44	-9,6	-14,0	-5	139	юв	3,8	12	6	1	2,75	1,31			

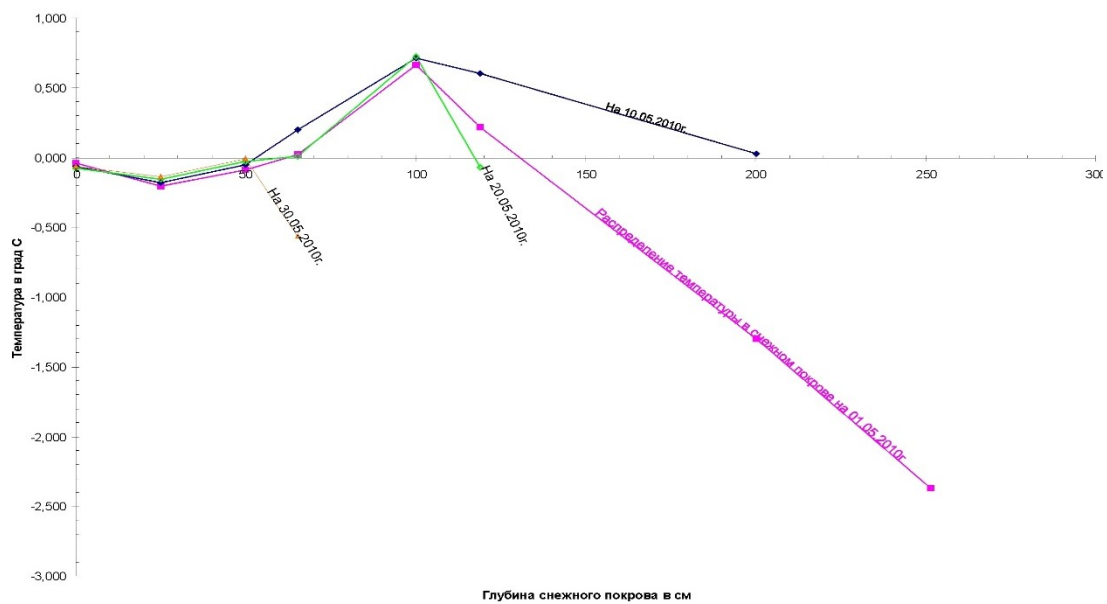


**Рисунок 13. Ход температуры воздуха, осадков и высоты снежного покрова зимой 2009-2010 годов на снеголавинном посту в цирке Роза Хутор (окрестности метеостанции «1-я снеговая Роза Хутор»)**

**Figure 13. Air temperature, precipitation and snow pack height in the winter of 2009-2010 at the snow avalanche post in the Rosa Khutor circus (near the weather station "1st snow Rosa Khutor")**

Рассматриваемый слой уплотнённого снега на уровне h=100 см благополучно просуществовал в снежной толще до мая, пока не оказался, вследствие таяния снега, верхним

слоем, что хорошо видно на графике хода среднесуточных температур снега на разных уровнях на первой снеговой станции за май 2010 года (рисунок 14).



**Рисунок 14.** Ход температур в снежном покрове в мае 2010 года.  
Метеостанция «1-я снеговая Роза Хутор»

**Figure 14.** Temperature of the snow pack in May 2010. Weather station "1st snow Rose Khutor"

Необходимо отметить, что этот термоклин существенно изменил естественный ход теплового потока от грунта вверх через снежную толщу. Обладая высокой плотностью и соответственно теплопроводностью, он значительно увеличил отток тепла от поверхности грунта, что в свою очередь привело к росту отрицательных температур снега на уровне  $h=0$  см: то есть к понижению температуры на почве под слоем снега до отрицательных значений.

Подобные явления часто возникают в атмосфере, где так же возникает термоклин. В метеорологии его называют слоем инверсии.

Затем майские тёплые дожди ещё более насытили снежную толщу тёплой влагой, что привело к неустойчивости снежного покрова на

крутых склонах пригребневой части хребта Аибга и к сходу весенних лавин влажного и мокрого снега.

Эти лавины привели к уничтожению растительного покрова склонов (рододендрона понтийского), который, будучи замороженным (стеблями и листвой) в снежную толщу передавал нагрузку от движущегося снежного пласта на корневую систему. Вследствие, малой толщи почвенного слоя (10-15см), он не выдержал нагрузки и был содран вместе с растительностью (рисунок 15, 16).

Необходимо отметить, что подобные лавины были зафиксированы и на других участках: как на северном, так и на южном склоне хребта Аибга.



**Рисунок 15.** Грунт, сорванный весенней лавиной мокрого снега в цирке Роза Хутор в районе лавинного поста. Фото Г.Л. Морозова

**Figure 15.** Soil torn off by a spring avalanche of wet snow in the Rosa Khutor circus near the avalanche post. Photo by Georgy L. Morozov



**Рисунок 16.** Лавинный снежник. Снежные валы перекрыты сорванным грунтом и растительностью. Фото Г.Б. Горлова

**Figure 16.** Avalanche snow patch. Snow ramparts are blocked by torn soil and vegetation. Photo by G.B. Gorlov

### Заключение

1. Для рассматриваемой территории проблемы, связанные с промерзанием грунта, не являются актуальными. Промерзание на северо-восточном склоне хребта Аибга отсутствует. Последнее имеет как положительные, так и отрицательные стороны. К положительным относится значительное удешевление строительства фундаментной части зданий и сооружений. К отрицательным – невозможность раннего (по календарным датам) оснежения склонов.

2. Искусственное оснежение склонов (напыление снега на голый грунт) осенью является весьма проблематичным из-за большого притока тепла от грунтов горного массива. Работы по оснежению склонов целесообразно производить после установления устойчивого снежного покрова, причём его минимальная толщина должна составлять 25 см.

### Литература

*ГОСТ 16350-80*. Климат СССР районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1981. 150 с.

3. Частые оттепели и связанные с ними осадки в жидкой фазе способны сформировать в толще снежного покрова влагонасыщенные пласты, образующие термоклин, способствующий образованию весенних лавин влажного и мокрого снега.

4. Весной 2010 года на горнолыжном комплексе «Роза Хутор» (Красная Поляна) сошли снежные лавины, разрушившие подстилающий почвенный слой. Причиной разрушения почвенного слоя явилось талое состояние грунтов под снежным покровом. Подобные снежные лавины случайны и происходят крайне редко.

### Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам ООО «Инжзащита» (г. Сочи) Горлову Г.Б., Исаевой Е.Х., Бенделиани С.С. за сбор и обработку материалов, положенных в основу данной статьи.

### References

*GOST 16350-80*. Klimat SSSR raionirovanie i statisticheskie parametry klimaticheskikh faktorov dlya tekhnicheskikh tselei [*GOST 16350-80*. Climate of the USSR. Regionalism and statistical parameters of climatic factors for technical purposes]. Moscow, Publ. of USSR State Committee for Standards, 1981. 150 p. (In Russian).