

УДК 551.584.31

**МИКРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
РАЙОНА ГОРЫ ХОЛАТЧАХЛЬ (ПЕРЕВАЛ ДЯТЛОВА)
ЗА 1—2 ФЕВРАЛЯ 1959 ГОДА**

Г. Б. Пигольцина

Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова
194021 Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7
E-mail: pigoltsina@yandex.ru

Поступила в редакцию 20.07.2020

Введение

В 2019 году прокуратура Свердловской области начала проверку материалов по факту гибели 2 февраля 1959 года туристов группы Игоря Дятлова в районе горы Отортен в Свердловской области. С целью всесторонней и объективной проверки начальником Управления по надзору за исполнением федерального законодательства прокуратуры Свердловской области советником юстиции А. В. Курьяковым было принято решение о привлечении к участию в проверке специалистов Федерального государственного бюджетного учреждения «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова» (далее ГГО) и о назначении специальной микроклиматической экспертизы района горы Холатчахль за январь—февраль 1959 года.

В данной статье приводятся результаты микроклиматического экспертного исследования, выполненного автором, и даются научно обоснованные ответы на поставленные прокуратурой вопросы.

1. Исходная информация

Район горы Холатчахль (перевал Дятлова) находится в центральной части Северного Урала, для которой характерен

типично горный климат. Данный регион очень сложный, труднопроходимый и слабоизученный. Освещенность горных районов в метеорологическом отношении крайне недостаточна: ближайшая станция Полюдов Камень расположена в западных предгорьях Урала на высоте 529 м над ур. м. Единственная на Урале высокогорная метеостанция (Таганай-Гора, высота 1102 м над ур. м.) находится на Южном Урале на широте $55,4^\circ$, т. е. на 600 с лишним километров южнее перевала Дятлова. Другие метеостанции (с небольшой высотой) расположены к западу и востоку от горного массива, то есть в Предуралье и Зауралье, их данные значительно отличаются по всем климатическим параметрам от внутригорных территорий, в том числе от района г. Холатчахль. На конкретных участках горного рельефа детальное пространственное распределение климатических характеристик без проведения специальных микроклиматических наблюдений можно получить только косвенными методами. В ГГО разработаны количественные методы оценки пространственной изменчивости различных климатических показателей для холмистого и горного рельефа при ограниченной метеорологической информации, которые и были использованы для детальной микроклиматической оценки исследуемого района (Пигольцина, Зиновьева, 2009).

В качестве исходной информации при расчетах микроклиматической изменчивости климатических показателей и оценки микроклимата в районе горы Холатчахль за январь—февраль 1959 года были использованы материалы, предоставленные Прокуратурой Свердловской области: приземные карты погоды, карты барической топографии и сборно-климатическая карта за рассматриваемый период, таблицы метеорологических наблюдений по станциям Ивдель, Бурмантово, Вижай, таблицы аэрологических наблюдений по станции Ивдель, картографический и другие аналитические материалы, в том числе заключение эксперта-гляциолога. Также были использованы архивные материалы ГГО по ежедневным данным по близлежащим метеостанциям, расположенным в Предуралье и Зауралье.

2. Краткая характеристика синоптической обстановки с 31 января по 2 февраля 1959 года

В указанный период район г. Холатчахль находился в зоне влияния обширного циклона, центр которого 31 января располагался к северу от исследуемой территории над Приполярным Уралом и далее перемещался с северо-запада на юго-восток. В результате над рассматриваемой территорией один за другим проходили холодные атмосферные фронты.

Прохождение циклона вызвало снегопады и метели. Все три дня шел обложной непрерывный снег разной степени интенсивности — от слабого до ливневого. Снегопад сопровождался низовыми метелями, туманами с осадением изморози. По выполненным расчетам на плато горы Холатчахль (высота около 1000 м) за два дня (31 января — 1 февраля) выпало не менее 10 мм осадков. Снегопады сопровождалась сильным ветром. Скорость ветра на плато в течение трех дней составляла 10—15 м/с, при этом температура колебалась от –10 до –33 °С.

3. Микроклиматическая характеристика района горы Холатчахль

Расчет значений метеорологических показателей и микроклиматическая характеристика района выполнены за период с 13 ч 1 февраля до 19 ч 2 февраля, т. е. за период, включающий время прибытия туристов на склон г. Холатчахль и следующий день.

3.1. Температура воздуха

Термический режим горной местности зависит, главным образом, от абсолютной высоты над уровнем моря и формы рельефа. Благодаря их воздействию температурные характеристики могут существенно изменяться на расстоянии нескольких сотен и даже десятков метров.

Для рассматриваемого района температура воздуха рассчитана для трех точек:

1 — вершинного плато горы Холатчахль, которое расположено выше изогипсы 1080 м (т. е. для высоты 1080—1090 м);

2 — для места установки палатки (высота около 894 м);

3 — района расположения кедр (высота 630—640 м).

Полученные результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

Температура воздуха (°С) в разных точках района г. Холатчахль

Дата	Время, ч	Расположение точек		
		плато	палатка	кедр
1 февраля	13	-15,5	-14,1	-12,4
	15	-16,8	-15,4	-13,5
	17	-17,8	-16,4	-14,5
	19	-19,1	-17,9	-16,2
	21	-20,1	-19,1	-17,7
	23	-23,4	-22,5	-21,3
2 февраля	1	-26,8	-26,0	-25,0
	3	-29,4	-28,7	-27,8
	5	-31,3	-30,6	-29,7
	7	-32,5	-31,7	-30,8
	9	-31,8	-31,0	-30,0
	11	-28,2	-27,3	-26,2
	13	-23,7	-22,7	-21,4
	15	-20,0	-19,0	-17,6
	17	-19,9	-18,8	-17,3
	19	-20,7	-19,5	-18,0

График четко показывает изменение температуры воздуха в течение рассматриваемого периода в разных точках склона. На склоне происходит закономерное понижение температуры

с увеличением высоты места. Самые низкие температуры соответствуют вершинному плато, далее вниз по склону температура увеличивается, хотя различия температуры между вершинным плато и местом расположения кедр невелико, так как разность абсолютных высот между этими точками сравнительно небольшая (менее 500 м). Самые большие различия в температуре между этими уровнями имеют место в дневное время и достигают 3,2 °С. Ночью эти различия не превышают 2° с минимумом в 5 ч утра (1,5 °С).

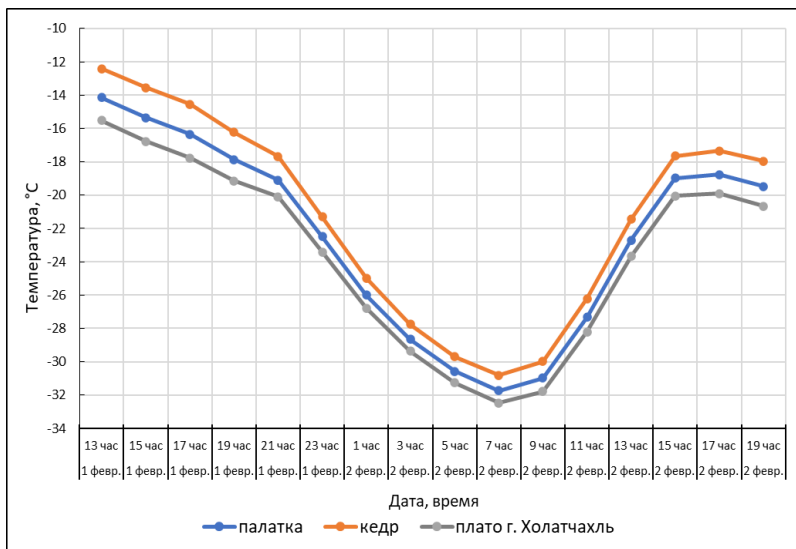


Рис. 1. Суточный ход температуры воздуха (°С) 1 и 2 февраля 1959 г. в трех точках района г. Холатчахль.

Из представленных Прокуратурой Свердловской области документов следует, что группа туристов прибыла к месту установки палатки 1 февраля в 17—18 ч, а разместились в палатке в 19—20 ч. В 18 ч температура на месте установки палатки составляла –17 °С, в 20 ч — –18,5 °С. Именно в это время над данным районом проходил холодный фронт, и поступление холодного воздуха привело к резкому

похолоданию. Температура в месте установки палатки составляла в 23 ч уже $-22,5$, в 3 ч ночи $-28,7$, а к 7 ч утра опустилась до $-31,7$ °С (рис. 1).

3.2. Скорость и направление ветра

Краткая климатическая характеристика. В рассматриваемом регионе в зимнее время года в тропосфере четко выражен западный перенос. Меридионально вытянутые горы довольно существенно влияют на циркуляционные процессы, играя роль барьера на пути господствующего западного переноса воздушных масс. Под влиянием Уральских гор происходит деформация воздушных потоков, и в приземном слое в это время в Предуралье преобладают южные и юго-западные (ЮЗ) ветры (30—50 % случаев), а в Зауралье — ЮЗ и западные (30—50 % случаев). На вершинном открытом плато г. Холатчаль преобладают ветры западного направления, повторяемость которых в зимнее время (декабрь—февраль) составляет 63—64 %. Второе место по повторяемости занимают ЮЗ ветры (21—22 %). На этой высоте (≈ 1000 м) скорости значительны в течение всей зимы, при этом повторяемость скоростей более 10 м/с в январе и феврале составляет в среднем 60—62 %, а повторяемость скоростей более 15 м/с — 56—57 %. Среднее число дней (в сумме за январь и февраль) со скоростью ветра более 15 м/с составляет 32—33, со скоростью более 20 м/с — 25—26, со скоростью более 25 м/с — 11—12 дней. Один раз в год возможна скорость ветра 44 м/с, один раз в 5 лет — 50 м/с. Безветренная погода (число дней со штилем) составляет в среднем всего по 4 дня в январе и феврале. При прохождении фронтов порывы ветра могут достигать 30—35 м/с и более (Научно-прикладной справочник..., 1990; Методические рекомендации..., 1973; Орлова, 1962).

Микроклиматическая характеристика. Сложное сочетание форм рельефа искажает направление и скорость ветра. На перевалах создаются благоприятные условия для усиления ветра, в долинах — преимущественно для его ослабления, но при совпадении направления

долины и воздушного потока ветер может усиливаться. При ветре, направленном перпендикулярно долине, возникает зона пониженных скоростей ветра, так называемая аэродинамическая или ветровая тень. Скорость ветра также уменьшается на подветренных склонах.

1 и 2 февраля 1959 г. по аэрологическим и синоптическим данным над горами (на высоте 1000—1100 м) дул северо-западный (СЗ) ветер. На основании анализа гипсометрической карты можно утверждать, что на северо-северо-восточном отроге и на восточном склоне г. Холатчахль (в том числе на месте установки палатки) и в районе кедра ветер также имел СЗ направление. В этом небольшом районе направление ветра могло измениться непосредственно на седловине перевала Дятлова, но для оценки ветровых характеристик на месте палатки и кедра это не имеет значения.

Таким образом, микроклиматическая изменчивость скорости ветра рассчитывалась при условии, что ветер имел СЗ направление и дул со стороны северо-северо-восточного отрога г. Холатчахль, и палатка, таким образом, находилась на подветренном склоне в зоне ветровой тени. Причем палатка была установлена в непосредственной близости от зоны максимального снегонакопления между отрогом и палаткой (о чем будет сказано ниже), образующего мощный сугроб (снежный навал) выше палатки, который усиливал эффект защищенности палатки от ветра.

Из вышесказанного следует, что **туристы остановились и поставили палатку в таком месте склона, где отмечалась ветровая тень, то есть наблюдалось снижение мощности ветрового потока на 10—15 % относительно окружающей местности.** Следует отметить, что палатка была установлена входом с подветренной стороны.

Скорость ветра для разных участков рельефа рассчитывалась по известной методике: на первом этапе определялось изменение скорости ветра в зависимости от высоты над уровнем моря (так называемые фоновые значения скорости ветра), затем вводились микроклиматические поправки, учитывающие местоположение конкретного участка в рельефе и направление ветра (Методические

рекомендации..., 1973; Орлова, 1962; Микроклимат СССР, 1967; Пигольцина, Зиновьева, 2014).

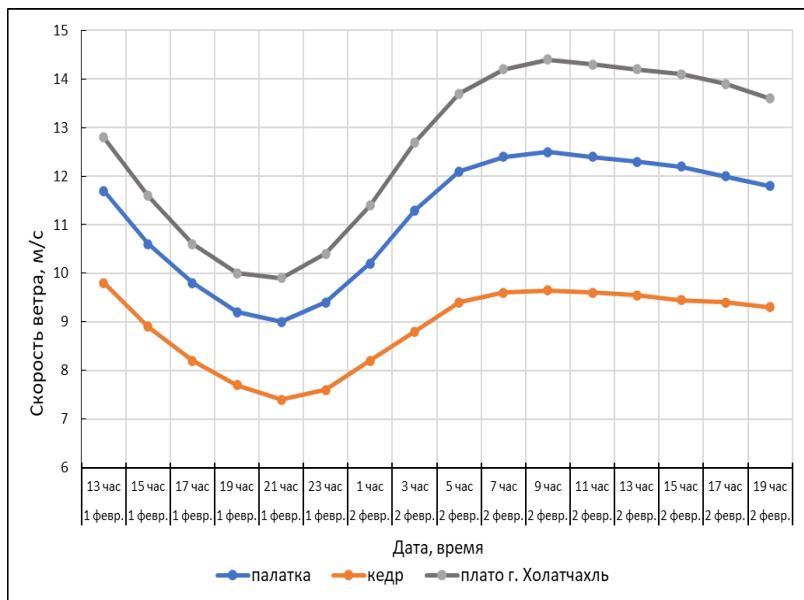


Рис. 2. Суточный ход скорости ветра (м/с) 1 и 2 февраля 1959 г. в трех точках района г. Холатчахль.

При расчете скорости ветра использовались данные наблюдений по срокам, и в эти сроки не наблюдалось порывов ветра. Станции часто не могут зафиксировать порывы ветра, так как это кратковременные явления, которые могут происходить между сроками наблюдений. Однако следует отметить, что при прохождении циклонов над Приполярным Уралом, аналогичных нашему случаю, когда наблюдается резкое усиление ветра и бураны, порывистый ветер — явление не редкое (Орлова, 1962).

Результаты расчета скорости ветра представлены на рисунке 2 и в таблице 2.

Таблица 2

Скорость ветра V (м/с) в рассматриваемых точках района

Дата	Время, ч	Расположение точек			ΔV
		плато	палатка	кедр	$V_{\text{палатка}} - V_{\text{кедр}}$
1 февраля	13	12,8	11,7	9,8	1,9
	15	11,6	10,6	8,9	1,7
	17	10,6	9,8	8,2	1,6
	19	10,0	9,2	7,7	1,5
	21	9,9	9,0	7,4	1,6
	23	10,4	9,4	7,6	1,8
2 февраля	1	11,4	10,2	8,2	2,0
	3	12,7	11,3	8,8	2,5
	5	13,7	12,1	9,4	2,7
	7	14,2	12,4	9,6	2,8
	9	14,4	12,5	9,7	2,9
	11	14,3	12,4	9,6	2,8
	13	14,2	12,3	9,6	2,8
	15	14,1	12,2	9,5	2,8
	17	13,9	12,0	9,4	2,6
19	13,6	11,8	9,3	2,5	

В течение суток наибольшие скорости ветра наблюдаются, естественно, на открытом вершинном плато. Вниз по склону скорости ветра уменьшаются и в районе кедр (в долине ручья) имеют минимальные значения.

На графике (рис. 2) ясно видно, что после прохождения холодного фронта (о чем было сказано выше) с 21 ч 1 февраля скорость ветра резко возрастает. Графики по температуре (рис. 1) и по скорости ветра (рис. 2) хорошо согласуются. Для лучшей визуализации на рис. 3 эти графики для палатки и кедр совмещены. С 21 ч температура начинает

резко понижаться, а скорость ветра возрастать. Самые низкие температуры наблюдались при максимальных скоростях ветра.

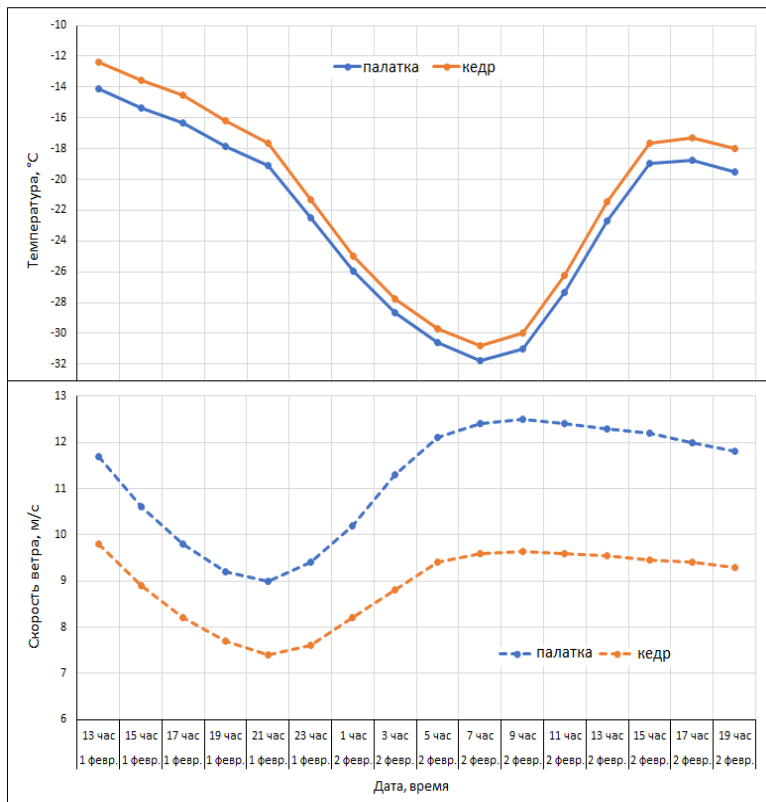


Рис. 3. Суточный ход температуры воздуха и скорости ветра 1 и 2 февраля 1959 г. в местах расположения палатки и кедр.

3.3. Ветро-холодовой индекс

Слишком долгое пребывание на холоде может привести к обморожениям, гипотермии, и в конечном итоге — к смерти.

Сильные ветры при низкой температуре усиливают влияние холода. Воздействие погодных условий на человека оценивается методом комплексной климатологии, при котором анализ погодных условий производится не по отдельно взятым метеорологическим факторам (температура, ветер, влажность), а по их комплексу.

Для оценки суровости зимних погодных условий используется ветро-холодовой индекс. Данный индекс позволяет количественно учесть влияние ветра на тело человека при различных температурах воздуха. Охлаждающая сила ветра, воздействующая на ткани организма, выражается как эквивалент температуры, и ветро-холодовой индекс измеряется в условном температурном эквиваленте, то есть в градусах Цельсия (°C).

Для рассматриваемого района ветро-холодовой индекс рассчитан по полученным выше значениям температуры (табл. 1) и скорости ветра (табл. 2) для мест расположения палатки и кедра. Расчеты выполнялись по формуле, приведенной в ГОСТ Р ИСО 15743-2012.

На рис. 4 представлен график изменения ветро-холодового индекса 1 и 2 февраля 1959 г. на площадках «палатка» и «кедр». Распределение ветро-холодового индекса соответствует комплексному воздействию температуры и ветра, т. е. самые низкие значения индекса характерны для временных интервалов, когда наблюдались большие скорости ветра и низкие температуры. Соответственно, самые суровые условия были на месте расположения палатки. Даже в 19 ч 1 февраля (на момент размещения туристов в палатке) погодные условия были аналогичны условиям 30-градусного мороза (индекс составлял $-30,3$ °C). Минимальное значение индекса ($-50,5$ °C) отмечалось здесь в 7 ч утра 2 февраля. Чуть менее суровые условия были в точке расположения кедра: здесь индекс составлял в 19 ч $-27,2$ °C, а в 7 ч утра — $-47,6$ °C.

В табл. 3 приведены значения ветро-холодового индекса для рассматриваемых площадок и соответствующая им характеристика жесткости погоды. Как следует из таблицы, на месте палатки уже с 17 ч 1 февраля погодные условия обуславливали средний риск переохлаждения и обморожения, а с 21 ч такие условия наблюдались и в районе кедра.

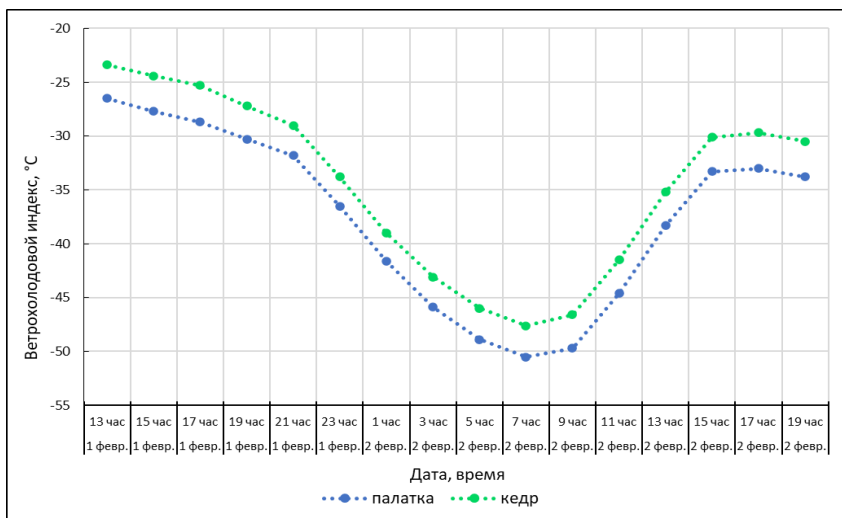


Рис. 4. Изменение ветро-холодового индекса 1 и 2 февраля 1959 г. в местах расположения палатки и кедра.

С двух часов ночи в районе кедра погодные условия соответствовали высокому риску переохлаждения и обморожения.

На уровне палатки с 5 до 9 ч утра 2 февраля имел место очень высокий риск переохлаждения и обморожения (табл. 3).

Ниже приведена характеристика жесткости погоды по ветро-холодовому индексу и предупреждающие меры от воздействия холода (необходимые средства индивидуальной защиты) для выделенных в таблице 3 градаций ветро-холодового индекса.

- **Ветро-холодовой индекс от -10 до -28 .** Дискомфорт, риск гипотермии в случае продолжительного нахождения на воздухе без соответствующей защиты. Рекомендуется одеваться в несколько слоев теплой одежды, внешний слой не должен пропускать ветра. Рекомендуется носить шапку, варежки или перчатки, шарф и закрытую непромокаемую обувь. Надо оставаться сухим и на морозе двигаться.

- **Ветро-холодовой индекс от –28 до –40.** Открытая кожа может замерзнуть в течение 10—30 минут. Существует риск обморожения: требуется проверять лицо, открытые участки кожи и конечности на окоченение и побеление. Риск гипотермии в случае продолжительного нахождения на воздухе без соответствующей одежды или укрытия от холода и ветра. Рекомендуется одеваться в несколько слоев теплой одежды, внешний слой не должен пропускать ветра. Рекомендуется не оставлять открытых участков кожи. Рекомендуется носить шапку, варежки или перчатки, шарф, маску и закрытую непромокаемую обувь. Надо оставаться сухим и на морозе двигаться.

- **Ветро-холодовой индекс от –40 до –47.** Открытая кожа может замерзнуть в течение 5—10 минут. Высокий риск обморожения: требуется проверять лицо, открытые участки кожи и конечности на окоченение и побеление. Риск гипотермии в случае продолжительного нахождения на воздухе без соответствующей одежды или укрытия от холода и ветра. Рекомендуется одеваться в несколько слоев теплой одежды, внешний слой не должен пропускать ветра. Рекомендуется не оставлять открытых участков кожи. Рекомендуется носить шапку, варежки или перчатки, шарф, маску и закрытую непромокаемую обувь. Надо оставаться сухим и на морозе двигаться.

- **Ветро-холодовой индекс от –48 до –55.** Открытая кожа может замерзнуть в течение 2—5 мин. Очень высокий риск обморожения: требуется проверять лицо, открытые участки кожи и конечности на окоченение и побеление. Серьезный риск гипотермии в случае продолжительного нахождения на воздухе без соответствующей одежды или укрытия от холода и ветра. Требуется осторожность при пребывании на улице. Рекомендуется одеваться в несколько слоев теплой одежды, внешний слой не должен пропускать ветра. Рекомендуется не оставлять открытых участков кожи. Рекомендуется носить шапку, варежки или перчатки, шарф, маску и закрытую непромокаемую обувь. Отменить или сократить выходы на улицу. Надо оставаться сухим и двигаться.

Таблица 3

**Значения ветро-холодового индекса (°С) 1 и 2 февраля 1959 года
в различные часы суток в местах расположения палатки и кедр**

Местоположение	Высота над ур.м.	1 февраля							2 февраля									
		13 ч	15 ч	17 ч	19 ч	21 ч	23 ч	1 ч	3 ч	5 ч	7 ч	9 ч	11 ч	13 ч	15 ч	17 ч	19 ч	
палатка	890	-26,5	-27,7	-28,7	-30,3	-31,8	-36,5											
кедр	633	-23,4	-24,4	-25,3	-27,2	-29,0	-33,8											
Местоположение	Высота над ур.м.																	
палатка	890	-41,6	-45,9	-48,9	-50,5	-49,7	-44,6											
кедр	633	-39,0	-43,1	-46,0	-47,6	-46,6	-41,5											

Опасность для здоровья согласно индексу охлаждения

Значения индекса, °С		Степень опасности для здоровья человека
от	до	
-10	-28	Небольшой риск переохлаждения и обморожения
-28	-40	Средний риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 10—30 мин
-40	-48	Высокий риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 5—10 мин
-48	-55	Очень высокий риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 2—5 мин

На основании анализа полученных значений ветро-холодового индекса и перечня соответствующих необходимых средств индивидуальной защиты от воздействия холода можно сделать вывод, что в той одежде, в которой туристы выскочили из палатки и спустились вниз по склону, у них не было шансов выжить и вернуться в палатку даже при отсутствии телесных травм, так как на момент, когда туристы покинули палатку (примерно в 21 ч), ветро-холодовой индекс и на уровне палатки ($-31,8$ °C), и на уровне кедра ($-29,0$ °C) соответствовал среднему риску переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 10—30 мин. Ко времени подъема трех туристов по склону (примерно в 3—5 ч утра) ветро-холодовой индекс на уровне кедра составлял уже $-43...-46$ °C, что соответствует высокому риску переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 5—10 мин.

3.4. Осадки и снежный покров

Краткая климатическая характеристика. Количество и распределение осадков на Северном Урале определяется главным образом циклонической деятельностью и особенностями рельефа. Меридиональная направленность Уральских гор обуславливает увеличение осадков на западных наветренных склонах и уменьшение их на восточных подветренных («тень» Урала). В результате количество осадков в целом за год в Предуралье на 150—200 мм больше, чем в Зауралье. Эта же закономерность в распределении осадков относится и к снежному покрову. Влияние Уральских гор сказывается в уменьшении высоты снежного покрова у восточных склонов Урала (Зауралье) на 20—30 см по сравнению с его высотой на той же широте у западных склонов (Предуралье). Нарастание снежного покрова идет заметно лишь в начале зимы (ноябрь—декабрь), а в дальнейшем (в январе и феврале) высота снежного покрова почти не меняется, что отчасти объясняется сильным уплотнением снега под влиянием ветра. Причиной уплотнения служат также зимние оттепели, в результате которых появляются ледяные

корки, затем вновь покрывающиеся свежеснеженным снегом. За зиму может образоваться несколько таких корок.

Микроклиматическая характеристика. В горных районах распределение зимних осадков чрезвычайно пестрое. Характер рельефа, а также частые и сильные ветры обуславливают неравномерное залегание снежного покрова. На склонах гор и на плато под влиянием ветра наблюдается перераспределение снега, в связи с чем наветренные склоны оголяются от снега, а на подветренных склонах и на защищенных от ветра местах скапливается его большое количество. Сугробы на подветренных склонах и в долинах могут достигать высоты 2—3 м и более, в то время как на высокогорных плато снега может почти не быть. Ветры силой больше 10 м/с, и особенно больше 15 м/с, могут полностью сносить снег с повышенных мест, а повторяемость таких ветров в рассматриваемом районе, как указано выше, очень значительная.

Следует отметить, что благодаря перераспределению снега под влиянием ветра и особенностей рельефа зимние осадки в горных районах трудно поддаются учету, поэтому для рассматриваемого горного района без проведения микроклиматических наблюдений нельзя гарантировать очень высокую точность при расчете пространственного распределения высоты снежного покрова, особенно при таких высоких скоростях ветра, которые господствуют на Урале.

Для рассматриваемой территории высота снежного покрова в разных точках рассчитывалась с использованием известных закономерностей влияния различных форм рельефа на перераспределение снежного покрова и учетом факторов снеготранспорта (Пигольцина, Зиновьева, 2013, 2015). В качестве исходной информации были использованы данные наблюдений по высоте снежного покрова за 19 ч 1 февраля по указанным выше станциям.

При ветре ЮЗ направления, дующем с вершинного плато горы Холатчакль, на ее подветренном северо-восточном склоне зона максимального снегонакопления будет располагаться ниже по склону, при этом разность абсолютных высот плато и зоны максимальной высоты снега, согласно известным закономерностям, должна составлять 180—200 м. Таким образом, зона максимального снегонакопления находится между изогипсами 920 и 900 м над уровнем моря. На рис. 5 приведена карта-схема, на которой эта зона закрашена голубым цветом.

По средним многолетним данным, как было указано выше, повторяемость юго-западных ветров в зимние месяцы составляет 21—22 %. За январь 1959 года повторяемость ЮЗ ветров составила 19 %, т. е. близко к средним значениям.

При западном направлении ветра к этой массе снега будет добавляться часть снега, сдуваемого с северо-северо-восточного (ССВ) отрога г. Холатчакль, вследствие чего в северной части выделенного района, наиболее близко расположенной к вершине отрога (т. е. к северу от палатки), будет формироваться более широкая зона с большой высотой снежного покрова. Изогипса 900 м проходит выше уровня палатки примерно на 50 м. Расстояние от палатки до вершины отрога составляет около 150 м. На рис. 6 представлен график изменения высоты снежного покрова на расстоянии от палатки до вершины отрога. Начальная точка — палатка (расстояние равно 0), конечная точка — вершина отрога (расстояние 150 м). Соответствующие количественные значения высоты снежного покрова приведены в табл. 4.

Таким образом, зона максимального снегонакопления расположена над палаткой, на расстоянии примерно 50 м от нее. Кроме того, участок этой зоны, примыкающий непосредственно к палатке с северо-западной стороны, т. е. со стороны противоположной входу, имеет крутизну 25—26°. Это самый крутой участок на этом склоне. На картосхеме он заштрихован (рис. 5). Участок с северной стороны палатки имеет крутизну 21—22°. Крутизна склонов определялась по гипсометрической карте масштаба 1:10 000 с помощью графика заложений.

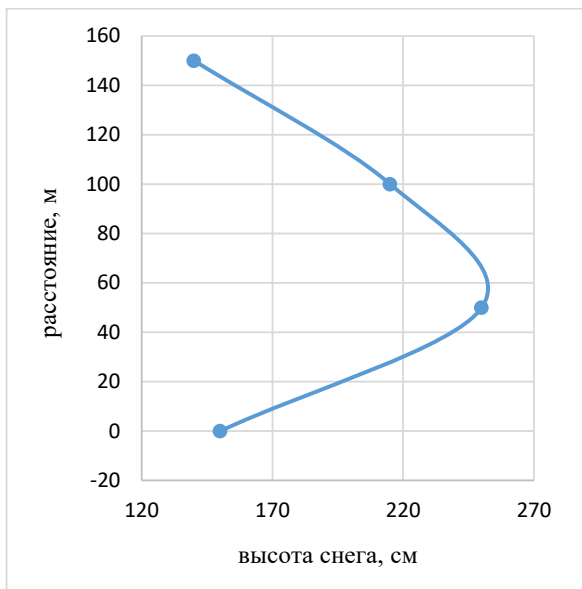


Рис. 6. Изменение высоты снежного покрова на расстоянии от палатки до вершины ССВ отрога г. Холатчахль.

Таблица 4

Изменение высоты снежного покрова на расстоянии от палатки до вершины ССВ отрога г. Холатчахль

Расстояние от палатки, м	Высота снега, см
0	150
50	250
100	215
150	140

При такой крутизне склонов, наличии большой снежной массы и слоя свежевывающего метелевого снега (за два дня в горах выпало более 10 мм осадков) этот участок можно считать лавиноопасным. К тому же был сильный ветер, который при прохождении фронта обычно сопровождается порывами большой силы (30—35 м/с и более) (Орлова, 1962; Методические рекомендации..., 1973; Научно-прикладной справочник..., 1990). Причем ветер был СЗ направления, т. е. дул сверху вниз по склону, хотя и под углом. Из вышесказанного следует, что именно в этом месте в непосредственной близости от палатки со стороны, противоположной входу, могла сойти лавина (одна из разновидностей лавин). Этот вывод полностью согласуется с результатами оценки лавиноопасности данного района, полученными экспертом-гляциологом В. В. Поповниным и предоставленными мне для ознакомления Прокуратурой Свердловской области.

В целом район перевала Дятлова является лавиноопасным. В «Справочнике по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях РФ» (1997) он входит в зону со средней степенью лавинной опасности (зона 2). На рис. 7 из указанного справочника приведена карта лавинной опасности Свердловской области с таблицей значений лавинных характеристик. В данном справочнике при оценке степени опасности лавин использованы два параметра: число лавинных очагов на 1 км дна долины и повторяемость схода лавин — число лавин, сошедших за год из одного лавинного очага. Комбинация различных градаций этих параметров лавин позволяет выделить три степени лавинной опасности: 1 — слабая, 2 — средняя, 3 — сильная.

Высокий снежный покров в лагуне (в районе кедра) образуется как за счет выпадения атмосферных осадков, так и за счет снегопереноса со всех возвышенностей, окаймляющих долину подковообразной дугой (с трех сторон). В рассматриваемом районе объем переносимого за зиму снега составляет 600—1000 м³/пог.м (Михель, Руднева, 1967). При таком переносе снега локальные понижения рельефа полностью заматаются снегом.

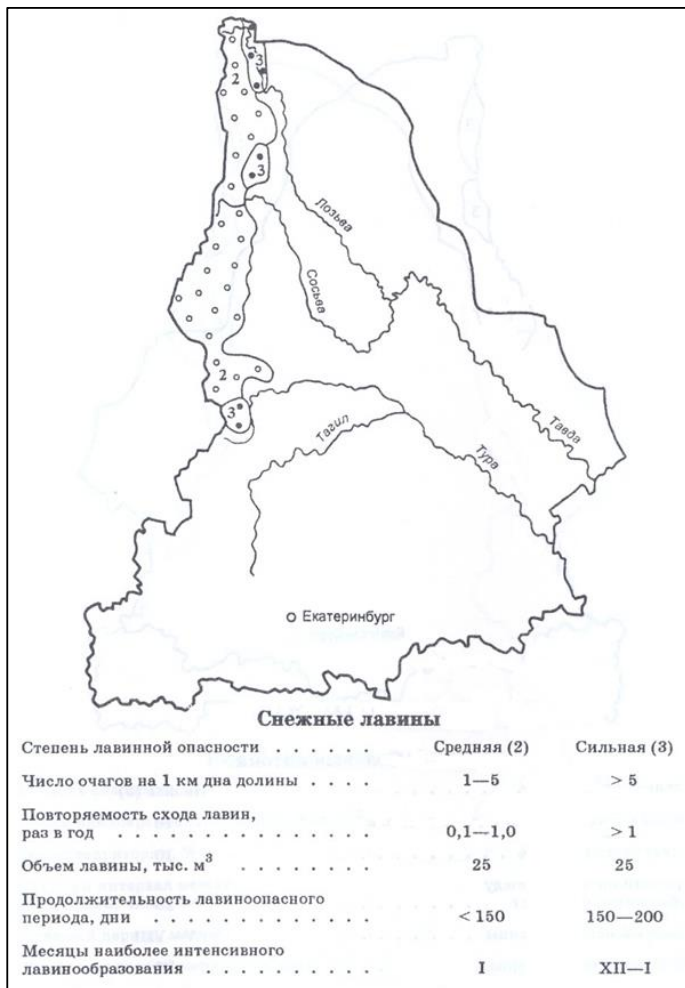


Рис. 7. Районирование территории Свердловской области по степени лавинной опасности (Справочник..., 1997).

4. Расчет дальности видимости в ночь с 1 на 2 февраля

Астрономические характеристики. 1 февраля 1959 года на широте перевала Дятлова закат Солнца был в 17 ч 03 мин по местному времени. Затем наступают сумерки. Сумерки — это интервал времени, в течение которого Солнце находится под горизонтом, а естественная освещенность на Земле обеспечивается отражением солнечного света от верхних слоев атмосферы и остаточным люминесцентным свечением самой атмосферы, вызываемым ионизирующими излучениями Солнца. В зависимости от угла нахождения Солнца под горизонтом сумерки разделяются на гражданские, навигационные и астрономические.

Гражданские сумерки соответствуют глубине погружения Солнца от 0 до 6 или 7°. В это время сумеречное освещение настолько интенсивно, что условия видимости как далеких, так и близких предметов практически не отличаются от дневных. Во время этих сумерек можно свободно обходиться без искусственного освещения. При погружении Солнца на 6° гражданские сумерки 1 февраля продолжались в исследуемом районе 51 минуту, т. е. до 17 ч 54 мин.

Следует отметить, что в месте установки палатки горы закрывают закат Солнца, но небосвод (высокие слои атмосферы) освещен, и снег, отражая этот свет, увеличивает уровень естественной освещенности. Отражательная способность (альбедо) чистого снега очень высока и составляет 90 %. Таким образом, потеря освещения, связанная с закрытостью горизонта, с избытком компенсировалась за счет влияния снежного покрова. **Отсюда следует, что последние фотографии туристов вполне могли быть сделаны около 17 ч без искусственного освещения.**

Навигационные сумерки соответствуют глубине погружения Солнца под горизонт от 6 до 12°. В течение этих сумерек происходит быстрое ухудшение видимости, заставляющее включать освещение. Навигационные сумерки в нашем случае продолжались 1 ч 45 мин и закончились в 18 ч 45 мин.

Астрономические сумерки соответствуют глубине погружения Солнца от 12 до 18°. В это время у земли становится совсем темно,

но небо в сегменте зари еще сохраняет несколько повышенную яркость. Астрономические сумерки продолжались 2 ч 37 мин и закончились в 19 ч 40 мин.

Далее, когда Солнце находится под горизонтом глубже 18° , солнечные лучи уже не попадают даже в самые верхние слои атмосферы, освещенность с дальнейшим погружением Солнца не меняется, и наступает ночь. В лунные ночи освещенность лунным светом зависит от многих астрономических факторов, в том числе от фазы Луны, которая вызывает изменение площади и средней яркости светлой части лунного диска. В ночь с 1 на 2 февраля 1959 года Луна вошла только в 4 ч 14 мин утра, так что **ночь была безлунной**, и это упрощает расчет видимости. На дату 02.02.1959 г. Луна находилась в фазе «Убывающая Луна», полнота диска составляла 32 % (убывающий полумесяц).

Дальность видимости, основные понятия. На сети метеорологических станций **метеорологическая дальность видимости (МДВ)** определяется с помощью приборов, основанных на применении различных источников света. При отсутствии приборов МДВ определяется визуально по специальной методике. В светлое время суток это наибольшее расстояние, с которого можно различить (обнаружить) на фоне неба вблизи горизонта (или на фоне воздушной дымки) черный объект достаточно больших угловых размеров (больше 15 угловых минут). В ночное время это расстояние, на котором при существующей прозрачности воздуха такой объект можно было бы обнаружить, если бы вместо ночи был день. МДВ наблюдается инструментально, или визуально по заранее подобранным объектам. Понятие дальности видимости реальных объектов целиком основано на определении порога контрастной чувствительности зрения.

Теория дальности видимости реальных объектов разработана достаточно полно. *Видимость* (но не дальность видимости) любого объекта определяется степенью различия в яркости (контрастности) между этим объектом и фоном. Контраст при хорошей видимости имеет значение около 100 %. *Дальность видимости* объекта зависит от порога контрастной чувствительности зрения (ϵ). За порог

контрастной чувствительности зрения принимается минимальное, едва воспринимаемое глазом различие в яркостях между объектом и фоном. На основании теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в ГГО, было установлено, что для светлого времени суток значение порога контрастной чувствительности, лежащее посередине между различаемыми и не различаемыми контрастами, имеет значение 2 %. Этот средний двухпроцентный порог принят в обширной литературе по видимости в качестве «классического» значения ϵ .

С момента, когда Солнце начинает погружаться под горизонт, и уровень освещенности падает, видимость объектов ландшафта постепенно ухудшается. Глубокой ночью в безлунную пасмурную погоду дальность видимости объектов исчисляется буквально несколькими шагами. Низкая дальность видимости объектов ночью объясняется изменением свойств зрения. Это изменение заключается в том, что с уменьшением уровня освещенности происходит возрастание порога контрастной чувствительности глаза (ϵ). Величина ϵ вместо двухпроцентного значения днем может ночью иметь значения в пределах от 25 до 100 %. Таким образом, вследствие возрастания порога контрастной чувствительности глаза видимость объектов ночью утрачивается на гораздо более близких расстояниях, чем днем. Но кроме возрастания значения ϵ , ночью резко падает также и острота зрения. Таковы особенности восприятия реальных объектов ночью.

В лунные ночи при разных фазах луны сравнительно низкие значения дальности видимости также объясняются не уменьшением контраста между объектом и фоном, а только возрастанием порога контрастной чувствительности глаза и падением остроты зрения. В лунные ночи видно дальше, чем в безлунные, потому что благодаря более высокому уровню освещенности контрастная чувствительность глаза несколько возрастает, а также повышается острота зрения. Но даже при полной луне величина порога ϵ никогда не может достигнуть значения 2 %, соответствующего дневному наблюдению. В среднем дальность видимости объектов в лунные ночи занимает промежуточное значение между дневными и ночными значениями.

Дальность видимости **реальных объектов** зависит не только от значения их собственной яркости (контрастности с фоном), но также и от их угловых размеров, фиксируемых из точки наблюдения. Если удалиться от объекта любых размеров на такое расстояние, что его угловые размеры станут меньше порога остроты зрения, т. е. объект будет виден под углом менее 1 кв. минуты, то он вовсе не будет виден, даже если его контраст с фоном будет равен 100 %. Кроме того, дальность видимости объектов зависит от конкретных условий наблюдения и, в первую очередь, от метеорологических факторов.

Расчет дальности видимости в ночь с 1 на 2 февраля. Дальность видимости малого по размеру реального объекта (в том числе палатки) определяется расстоянием, на котором его наблюдаемые угловые размеры станут равны порогу остроты зрения. Критическое расстояние для восприятия объектов малых размеров составляет 1 км при угловых размерах объекта в 225 кв. минут, что соответствует размеру объекта 4×4 м (сторона квадрата равна $15'$).

Таким образом, при размере палатки $1,5 \times 4,3$ м ее угловые размеры будут составлять 90,7 кв. минут. Соответственно дальность видимости будет равна 403 м. С такого расстояния можно различить палатку в дневное время при хорошей видимости.

Известно, что при изменении освещенности контраст не меняется. Но хотя объект и днем, и ночью будет иметь 100-процентный контраст, его реальная видимость ночью будет очень плохая, так как при низкой освещенности меняются свойства зрения (о чем было сказано выше). Так, если днем при значении порога контрастной чувствительности глаза ϵ , равном 2 %, коэффициент видимости объекта будет равен $100 : 2 = 50$, то ночью при величине порога в 25 % (т. е. при минимальном влиянии ночи) коэффициент видимости объекта будет равен уже $100 : 25 = 4$. Таким образом, один и тот же объект ночью будет виден хуже, чем днем, в 12,5 раза ($50 : 4 = 12,5$). Это значит, что определенное выше значение дальности видимости для светлого времени суток, равное 403 м, ночью будет составлять всего 32 м ($403 : 12,5 = 32$).

Снегопад и метель уменьшают дальность видимости. Даже слабый снегопад (0,1—0,5 мм/ч) уменьшает дальность видимости на 50—80 %. В принципе влияние снегопада можно отождествить с влиянием метели. Во время нахождения туристов как в палатке, так и в районе кедра, шел снег. Если даже допустить, что снегопад прерывался, то под влиянием сильного ветра, который наблюдался все это время, свежавывапавший снег подвергался интенсивному переносу, т. е. была метель. Таким образом, под влиянием снегопада (метели) рассчитанная выше дальность видимости (32 м) может колебаться в пределах от 6 до 16 м. Отсюда следует, что даже при минимальном влиянии всех рассмотренных факторов на дальность видимости ночью 1—2 февраля (в том числе и в 21 ч, когда предположительно туристы экстренно начали спускаться по склону) **палатку можно было различить с расстояния не более 16 м**. В этом случае можно со 100-процентной уверенностью утверждать, что туристы, удалившись от палатки на 30—50 м, не могли ее видеть.

5. Комментарии к выбору маршрута подъема трех туристов к палатке

Долина левого истока четвертого притока Лозьвы, по дну которой начали подниматься трое туристов, направлена с ЮЗ на СВ. Ветер 1-го и 2-го февраля был северо-западного направления, т. е. дул перпендикулярно долине (рис. 5, сиреневые линии). Следовательно, дно долины имело при таком направлении ветра «ветровую» (орографическую) тень, по крайней мере в нижней части долины, откуда начинали подниматься туристы. Нижняя часть долины, судя по гипсометрической карте, имеет более выраженную расчлененность, и здесь на дне долины скорость ветра была на 2—3 м меньше, чем возле кедра. Это различие вызвано тем, что кедр расположен на относительно ровной местности, не имеющей орографической тени.

Уменьшение скорости ветра — это большое преимущество при подъеме по склону, скорее всего именно этот фактор повлиял на выбор маршрута. По мере продвижения вверх по долине глубина

долины уменьшалась, и маршрут туристов немного отклонился к северу. Скорость ветра соответственно возрастала, и на высоте, где нашли Колмогорову и Слободина, скорость ветра уже практически не отличалась от скорости на открытом месте.

В долине был достаточно глубокий снег со свежавыпавшим верхним слоем, по которому было трудно идти, вдобавок дул сильный ветер. При таких условиях замерзшие, обмороженные и уставшие люди, вероятнее всего, не шли, а ползли по снегу. В результате после Колмогоровой, поднимавшейся первой, должна была остаться «колея», по которой и следовали остальные двое туристов. Этим можно объяснить движение всех трех туристов по одной линии (рис. 5).

Выводы

Детальная микроклиматическая оценка территории показала, что при наблюдавшемся 1 и 2 февраля 1959 года северо-западном направлении ветра зона ветровой тени была только на подветренной стороне северо-северо-восточного отрога г. Холатчахль, где находилась палатка. Причем палатка была установлена в непосредственной близости от зоны максимального снегонакопления ниже мощного снежного навала, который усиливал эффект ее защищенности от ветра. Таким образом, туристы остановились и поставили палатку в ветровой тени, при относительном снижении мощности ветрового потока в этом месте склона на 10—15 % относительно окружающей местности.

На основании анализа полученных значений ветро-холодового индекса и перечня соответствующих необходимых средств индивидуальной защиты от воздействия холода можно сделать вывод, что в той одежде, в которой туристы выскочили из палатки и спустились вниз по склону, у них не было шансов выжить и вернуться в палатку даже при отсутствии телесных травм. На момент, когда туристы покинули палатку (примерно в 21 ч), ветро-холодовой индекс и на уровне палатки ($-31,8$ °C), и на уровне кедра

($-29,0$ °C) соответствовал среднему риску переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 10—30 мин. Ко времени подъема трех туристов по склону (примерно в 3—5 ч утра) ветрохолодовой индекс на уровне кедра составлял уже $-43...-46$ °C, что соответствует высокому риску переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 5—10 минут. Эти погодные условия при нахождении на воздухе без соответствующей одежды могут достаточно быстро привести к гипотермии и, в конечном итоге, к гибели.

Количественная оценка пространственного распределения высоты снежного покрова и анализ крупномасштабной гипсометрической карты позволили определить на склоне г. Холатчахль район с максимальным снегонакоплением (высота снега около 250 см) и большой крутизной склона ($25-26^\circ$), представляющий зону потенциальной лавинной опасности, расположенную в непосредственной близости от палатки. Анализ погодных условий показал, что вечером 1 февраля (в 20—21 ч) над данным районом проходил холодный фронт, который вызвал резкий перепад температуры воздуха в сторону похолодания и усиление ветра, сопровождавшиеся снегопадом и метелью, то есть метеорологические условия способствовали возникновению снеголавинной деятельности. Таким образом, имелись все предпосылки для схода лавины (одного из типов лавин), и можно заключить, что сход лавины мог произойти с большой долей вероятности, тем более что этот район характеризуется средней степенью лавинной опасности.

Расчет реальной дальности видимости в ночное время с учетом астрономических и метеорологических факторов показал, что даже при минимальном влиянии этих факторов на дальность видимости ночью 1—2 февраля (в том числе и в 21 ч, когда предположительно туристы экстренно начали спускаться по склону) палатку можно было различить с расстояния не более 16 м. В этом случае можно со 100-процентной уверенностью утверждать, что туристы, удалившись от палатки на 30—50 м, не могли ее видеть.

Высокий снежный покров в районе кедра образовался как за счет выпадения атмосферных осадков, так и за счет снегопереноса со всех возвышенностей, окаймляющих долину подковообразной дугой. В рассматриваемом районе объем переносимого за зиму снега составляет 600—1000 м³/пог.м. При таком переносе локальные понижения рельефа полностью заметаются снегом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Методические рекомендации Свердловского бюро погоды (1973). Вып. 5.
- Микроклимат СССР (1967) / Под ред. И. А. Гольцберг. — Л.: Гидрометеиздат. 284 с.
- Михель В. М., Руднева А. В.* (1967). Районирование территории СССР по переносу снега // Труды ГГО. Вып. 210. С. 79—91.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР (1990). Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1—6. Вып. 9. — Л.: Гидрометеиздат.
- Орлова В. В.* (1962). Климат СССР. Западная Сибирь. Вып. 4. — Л.: Гидрометеиздат. 360 с.
- Пигольцина Г. Б., Зиновьева Н. А.* (2009). Методы оценки микроклиматической изменчивости специализированных климатических характеристик в условиях горного рельефа и недостаточной метеорологической информации на примере территории проведения зимних Олимпийских игр «Сочи-2014» // В сб.: Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию профессора Олега Алексеевича Дроздова. Санкт-Петербург. 20—22 октября 2009 г. — С. 124—126.
- Пигольцина Г. Б., Зиновьева Н. А.* (2013). Пространственное распределение высоты снежного покрова в горном кластере территории проведения Зимних Олимпийских игр «Сочи-2014» // Труды ГГО. Вып. 569. С. 137—147.
- Пигольцина Г. Б., Зиновьева Н. А.* (2014). Закономерности изменения скорости ветра с высотой на подветренном склоне горного хребта (на примере северного склона хребта Аибга) // Труды ГГО. Вып. 575. С. 119—130.
- Пигольцина Г. Б., Зиновьева Н. А.* (2015). Оценка микроклиматических условий горного кластера района Красной Поляны для обеспечения спортивных объектов детальной погодно-климатической информацией // Метеорология и гидрология. № 8. С. 88—97.
- Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации (1997). — СПб: Гидрометеиздат. 588 с