

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ИМ. А.И. ВОЕЙКОВА»
(ФГБУ «ГГО»)**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУ «ГГО»
[печать]
[подпись] В.М.Катцов

Микроклиматическая экспертиза района горы Холатчахль
за январь-февраль 1959 года

Ответственный исполнитель:
ведущий научный сотрудник ГГО,
доктор географических наук

[подпись]

Г.Б. Пигольцина

Санкт-Петербург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

| | Стр. |
|---|------|
| 1. Введение | 3 |
| 2. Краткая характеристика синоптической обстановки с 31 января 3 по 2 февраля 1959г | 3 |
| 3. Микроклиматическая характеристика района горы Холатчахль за январь-февраль 1959 года | 4 |
| 3.1. Температура воздуха | 4 |
| 3.2. Скорость и направление ветра | 5 |
| 3.3. Ветро-холодовой индекс | 9 |
| 3.4. Осадки и снежный покров | 13 |
| 4. Расчёт дальности видимости в ночь с 1 на 2 февраля | 18 |
| 5. Комментарии к выбору маршрута подъёма трёх туристов к палатке | 20 |
| 6. Выводы | 20 |
| 7. Литература | 22 |

Микроклиматическая экспертиза района горы Холатчахль за январь-февраль 1959 года

1. Введение.

Район г. Холатчахль (Перевал Дятлова) находится в центральной части Северного Урала, для которой характерен типично горный климат. Данный регион очень сложный труднопроходимый и слабоизученный. Освещённость горных районов в метеорологическом отношении крайне недостаточна, а вернее сказать практически отсутствует. В горах нет ни одной метеорологической станции, тем более высокогорной. Единственная станция Полюдов Камень, высота которой 529 м над уровнем моря, расположена в западных предгорьях Урала. Остальные ближайшие метеостанции (с небольшой высотой) расположены к западу и востоку от горного массива, т.е. в Предуралье и Зауралье. Единственная на Урале высокогорная метеостанция (Таганай, гора, высота 1102 м над у.м.) находится на Южном Урале на широте 55,4°, т.е. на 600 с лишним км южнее Перевала Дятлова. Данные метеостанций как западных, так и восточных предгорий, будут значительно отличаться по всем климатическим параметрам от внутригорных территорий, в том числе от района г. Холатчахль.

Поэтому 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.

В качестве исходной информации при расчётах 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 наблюдений ТМ-8 по станциям Ивдель, Бурмантово, Вижай, таблицы аэрологических наблюдений ТАЭ-3 по станции Ивдель, картографический материал и другие аналитические материалы, в том числе заключение эксперта-гляциолога. Также были использованы архивные материалы ГГО по ежедневным данным (Метеорологические ежемесячники) по близлежащим метеостанциям, расположенным в Предуралье и Зауралье.

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

В указанный период район г. Холатчахль находился в зоне влияния обширного циклона, центр которого 31 января находился 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 осаджением изморози. По выполненным расчётам на плато горы Холатчахль (высота около 1000 м) за два дня (31 января -1 февраля) выпало не менее 10 мм осадков. Снегопады сопровождались сильным ветром. Скорость ветра на плато в течение трёх дней составляла 10-15 м/с, при этом температура колебалась от -10° до -33°.

3. Микроклиматическая характеристика района горы Холатчахль за январь-февраль 1959 года.

Расчёт значений метеорологических показателей и микроклиматическая характеристика района выполнены за период с 13 часов 1 февраля до 19 часов 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 вершинного плато г.Холатчахль, которое расположено выше изогипсы 1080 м (т.е. для высоты 1080-1090 м), для места установки палатки (высота около 894 м) и района расположения кедра (высота 630-640 м). Полученные результаты представлены в таблице 1 и на рис. 1.

Таблица 1. Температура воздуха (°С) в разных местоположениях района г. Холатчахль.

| дата | Время, час | Местоположение | | |
|-----------|------------|----------------|---------|-------|
| | | плато | палатка | кедр |
| 1959г | | | | |
| 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 чётко 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 кедра не велико, т.к. разность абсолютных высот между этими местоположениями сравнительно небольшая (менее 500 м). Самые большие различия в температуре между этими уровнями имеют место в дневное время и достигают 3.2°. Ночью эти различия не превышают 20° с минимумом в 5 часов утра (1,5°).

Из представленных Прокуратурой Свердловской области документов следует, что группа туристов прибыла к месту установки палатки 1 февраля в 17-18 часов, а разместились в палатке в 19-20 час. В 18 часов температура на месте установки палатки составляла -17° , в 20 часов - $-18,5^{\circ}$. Именно в это время над данным районом проходил холодный фронт. Поступление холодного воздуха за линией фронта привело к резкому похолоданию и температура в месте установки палатки составляла в 23 часа уже $-22,5^{\circ}$, в 3 часа ночи - $-28,7^{\circ}$, а к 7 часам утра опустилась до $-31,7^{\circ}$ (рис. 1).

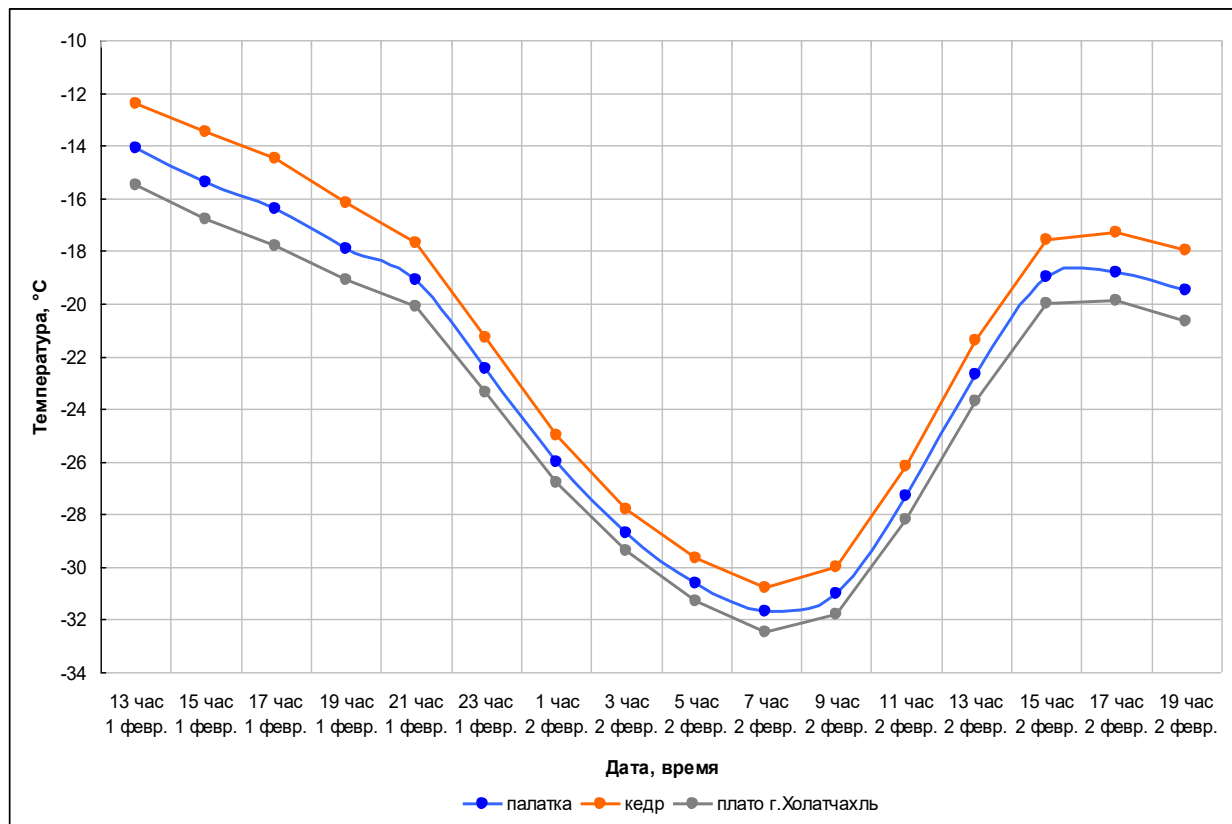


Рис. 1. Суточный ход температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) 1 и 2 февраля 1959 г. в разных местоположениях района г. Холатчахль.

3.2. Скорость и направление ветра.

Краткая климатическая характеристика. В рассматриваемом регионе в зимнее время года в тропосфере чётко 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 у земли в Предуралье в это время преобладают Ю и ЮЗ ветры (30-50% случаев), а в Зауралье - ЮЗ и З ветры (30-50% случаев). На вершинном плато г. Холатчахль, расположенном высоко и открыто, 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% всех скоростей, 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 дня, со скоростью более 20 м/с - 25-26 дней, со скоростью более 25 м/с - 11-12 дней. Один раз в год возможна скорость ветра 44м/с, один раз в 5 лет – 50м/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 [1, 2, 3].

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, дующим перпендикулярно направлению долины, возникает зона пониженных скоростей ветра, так называемая аэродинамическая или ветровая тень. Скорость ветра также уменьшается на подветренных склонах.

Первого и второго февраля 1959г 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 скорости ветра на месте палатки и кедра это не имеет значения.

Таким образом, микроклиматическая изменчивость скорости ветра рассчитывалась при условии, что ветер имел СЗ направление. При СЗ направлении ветер дул со стороны северо-северо-восточного отрога г. Холатчахль и палатка таким образом находилась на подветренном склоне.

В данном районе (на восточном и северо-восточном склонах г. Холатчахль) при СЗ направлении ветра зона «ветровой тени» образуется только на подветренной стороне данного отрога, где и была установлена палатка. Причём палатка была установлена в непосредственной близости от зоны максимального снегонакопления между отрогом и палаткой (о чём будет сказано ниже), образующего мощный сугроб (снежный навал) выше палатки, который усиливал эффект защищённости палатки от ветра.

Из вышесказанного следует, что **туристы остановились и поставили палатку в ветровой тени, при относительном снижении мощности ветрового потока в этом месте склона на 10-15% относительно окружающей местности.**

Следует отметить, что палатка была установлена входом с подветренной стороны.

Скорость ветра для разных участков рельефа (разных местоположений) 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 в зависимости от местоположения конкретного участка в рельефе и направления ветра [2, 3, 4].

При расчёте скорости ветра использовались данные наблюдений по срокам и в эти сроки не наблюдалось порывов ветра. Аэрологические станции часто не могут зафиксировать порывы ветра, т.к. 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 [3].

Результаты расчёта скорости ветра представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2. Скорость ветра (м/с) в разных местоположениях района.

| дата 1959 г | Время, час | Местоположение | | | Разность Палатка-кедр |
|----------------|---------------|----------------|---------|------|--------------------------|
| | | плато | палатка | 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 |

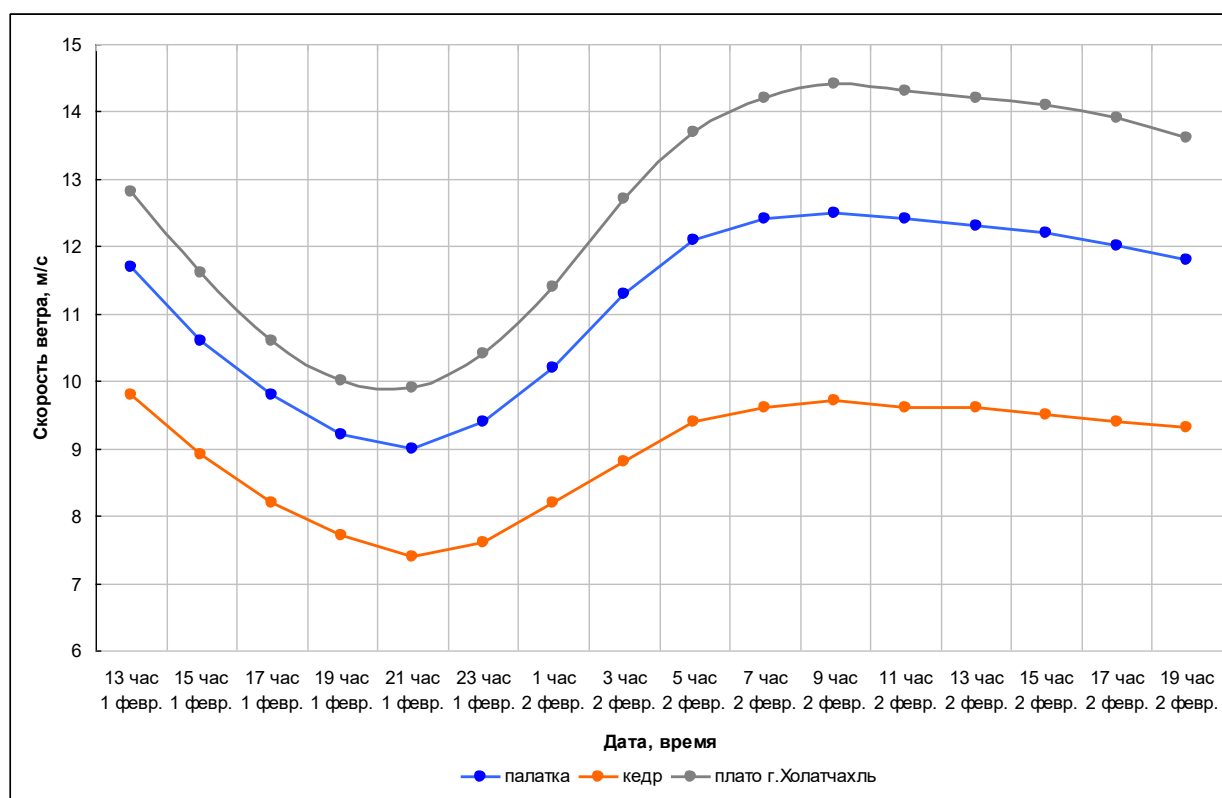


Рис. 2. Суточный ход скорости ветра (м/с) 1 и 2 февраля 1959 г. в разных местоположениях района г. Холатчахль.

Во все часы суток наибольшие скорости ветра естественно имеют место на открытом вершинном плато. Вниз по склону скорости ветра уменьшаются и в районе кедр (в долине ручья) имеют минимальные значения. В таблице 2 приведены разности скоростей ветра между

палаткой и кедром, которые показывают, что чем выше скорости, тем больше различия в силе ветра между этими пунктами.

На графике (рис. 2) ясно видно, что после прохождения холодного фронта (о чем было сказано выше) с 21 часа 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 кедров совмещены. С 21 часа температура начинает резко понижаться, а скорость ветра возрастать. Самые низкие температуры наблюдались при максимальных скоростях ветра.

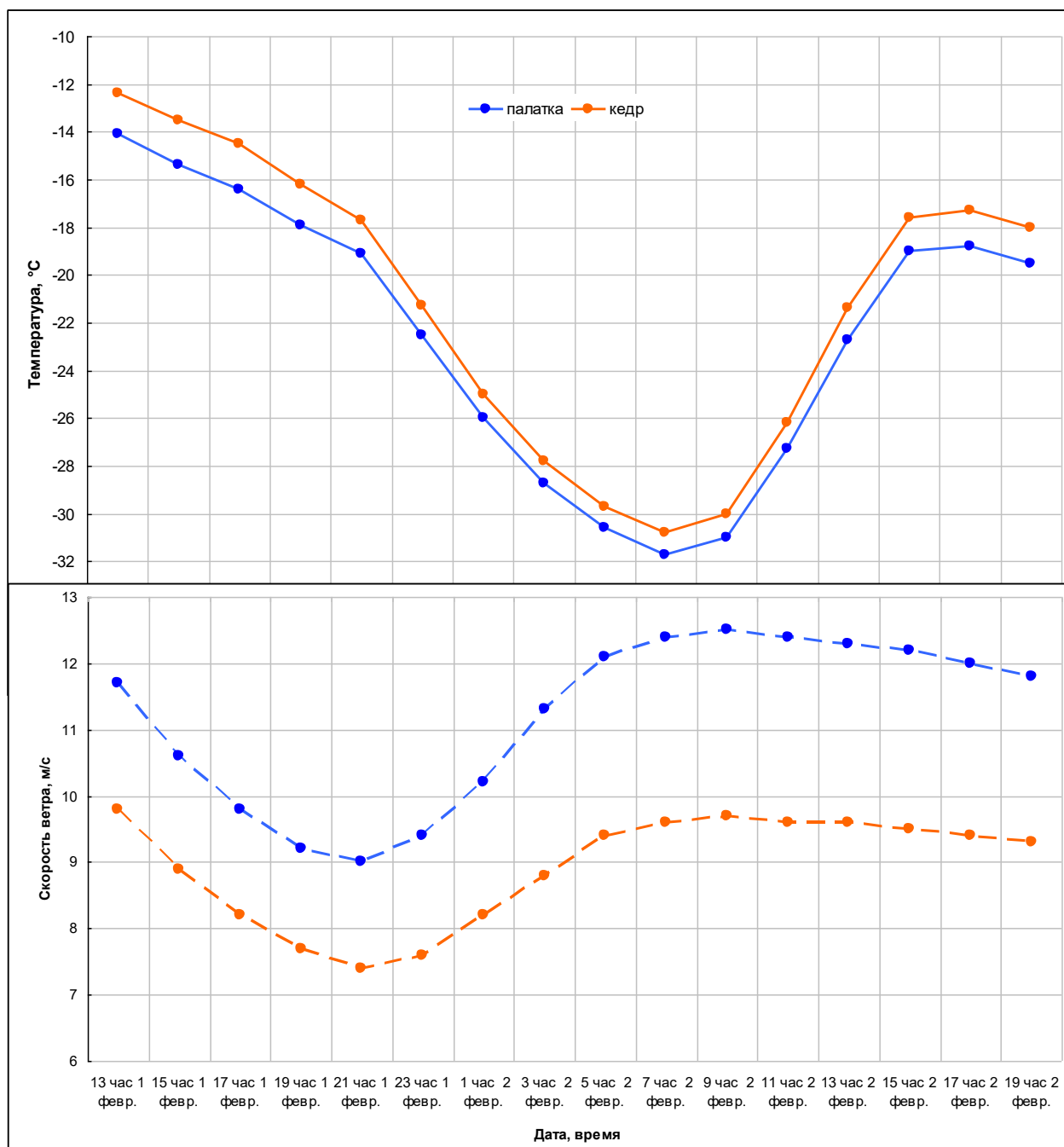


Рис. 3. Суточный ход температуры воздуха и скорости ветра 1 и 2 февраля 1959 г. в местах расположения палатки и кедров.

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 этом учёт погодных условий производится не по отдельно взятым метеорологическим факторам (температура, ветер, влажность), а по комплексу погодных условий.

Для оценки суровости зимних погодных условий используется ветро-холодовой индекс. Данный индекс позволяет количественно учесть влияние ветра на человеческое тело 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 кедр. Расчёты выполнялись по формуле, приведённой в ГОСТ Р ИСО 15743-2012 (Национальный стандарт Российской Федерации).

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 часов 1 февраля (на момент размещения туристов в палатке) погодные условия были аналогичны условиям тридцатиградусного мороза (индекс составлял $-30,3^{\circ}\text{C}$). Минимальное значение индекса ($-50,5^{\circ}\text{C}$) отмечалось здесь в 7 часов утра 2 февраля. Немного менее суровые условия были в местоположении кедр: здесь индекс составлял в 19 часов $-27,2^{\circ}\text{C}$, а в 7 часов утра $-47,6^{\circ}\text{C}$.

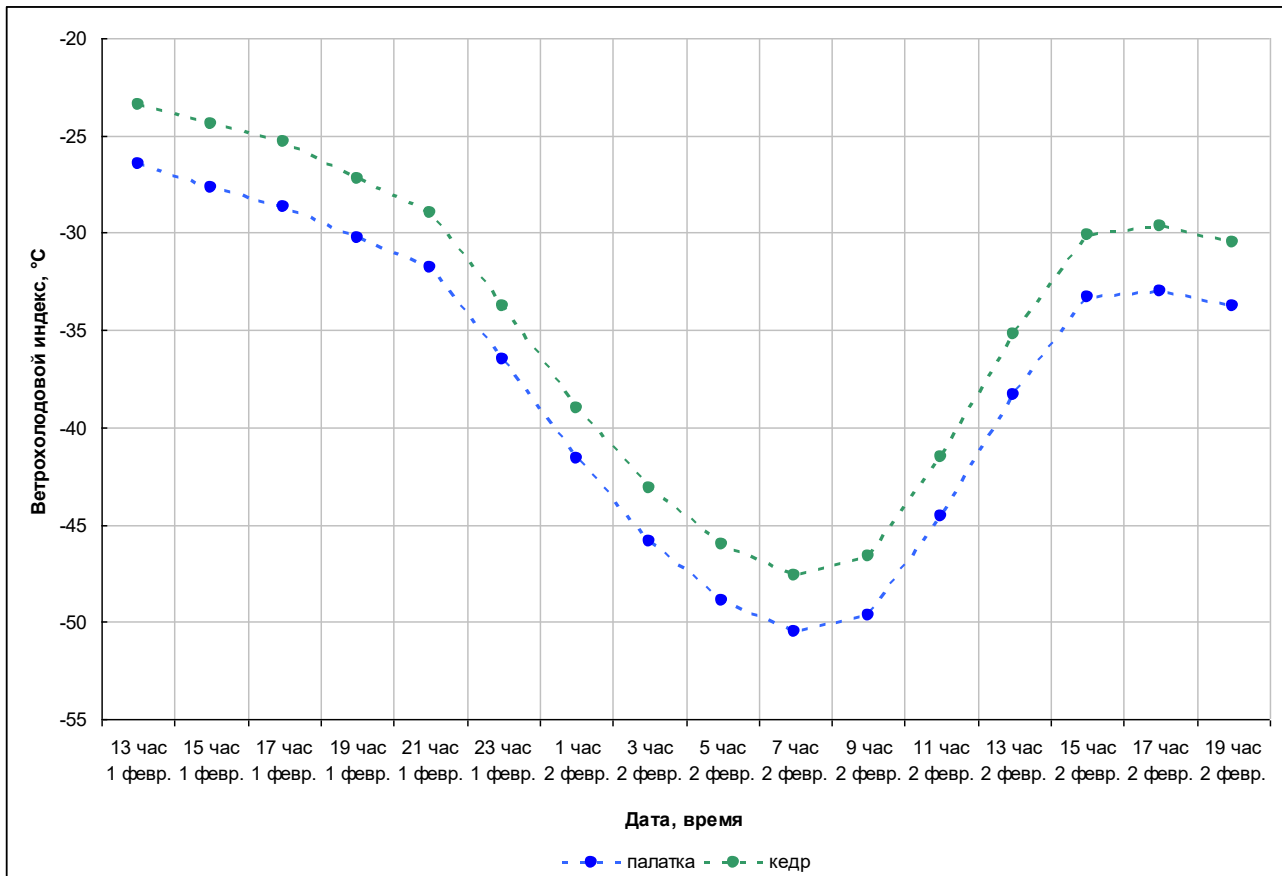


Рис. 4 Изменение ветро-холодового индекса 1 и 2 февраля 1959 г. в разных местоположениях района г. Холатчахль.

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

Таблица 3. Значения ветро-холодового индекса (°C) 1 и 2 февраля 1959 г. в различные часы суток в разных местоположениях района г. Холатчахль

| Местоположение | высота над у.м. | 1 февраля 1959 г. | | | | | | 2 февраля 1959 г. | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 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 | -41.6 | -45.9 | -48.9 | -50.5 | -49.7 | -44.6 | -38.3 | -33.3 | -33.0 | -33.8 |
| кедр | 633 | -23.4 | -24.4 | -25.3 | -27.2 | -29.0 | -33.8 | -39.0 | -43.1 | -46.0 | -47.6 | -46.6 | -41.5 | -35.2 | -30.1 | -29.7 | -30.5 |

Опасность для здоровья согласно индексу охлаждения

| Значения индекса, °C | | 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 минут |
| -40 | -48 | Высокий риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 5-10 минут |
| -48 | -55 | Очень высокий риск переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 2-5 минут |

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

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

Ниже приведена характеристика жёсткости 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 течении 10-30 минут. Существует риск обморожения: требуется проверять лицо, открытые участки кожи и конечности на онемение 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 течении 5-10 минут. Высокий риск обморожения: требуется проверять лицо, открытые участки кожи и конечности на онемение 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 течении 2-5 минут. Очень высокий риск обморожения: требуется проверять лицо, открытые участки кожи и конечности на онемение 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.

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. Т.е. на момент, когда туристы покинули палатку (примерно в 21 час), ветро-холодовой индекс и на уровне палатки (-31,8°), и на уровне кедрового леса (-29,0°)

соответствовали среднему риску переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 10-30 минут. Ко времени в подъёма трёх туристов по склону (примерно в 3-5 часов утра) ветро-холодовой индекс на уровне кедра составлял уже $-43 - -46^{\circ}$, что соответствует высокому риску переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 5-10 минут.

3.4. Осадки и снежный покров.

Краткая климатическая характеристика. Количество и распределение осадков на Северном Урале определяется главным образом циклонической деятельностью атмосферы 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 Урала 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 Урала (Предуралье). Нарастание снежного покрова идёт 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 свежавыпавшем снегом. За зиму может образоваться несколько таких корок.

Микроклиматическая характеристика.

В горных районах распределение зимних осадков чрезвычайно пёстрое. 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 защищённых от ветра местах скапливается его большое количество. Местами на подветренных склонах и в долинах сугробы 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, как указано выше, очень значительная.

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

Для рассматриваемой территории высота снежного покрова в разных местоположениях рассчитывалась с использованием известных закономерностей влияния различных форм рельефа на перераспределение снежного покрова и учитывая факторы снегопереноса [7, 8]. В качестве исходной информации были использованы данные наблюдений по высоте снежного покрова за 19 часов 1 февраля по указанным выше станциям.

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

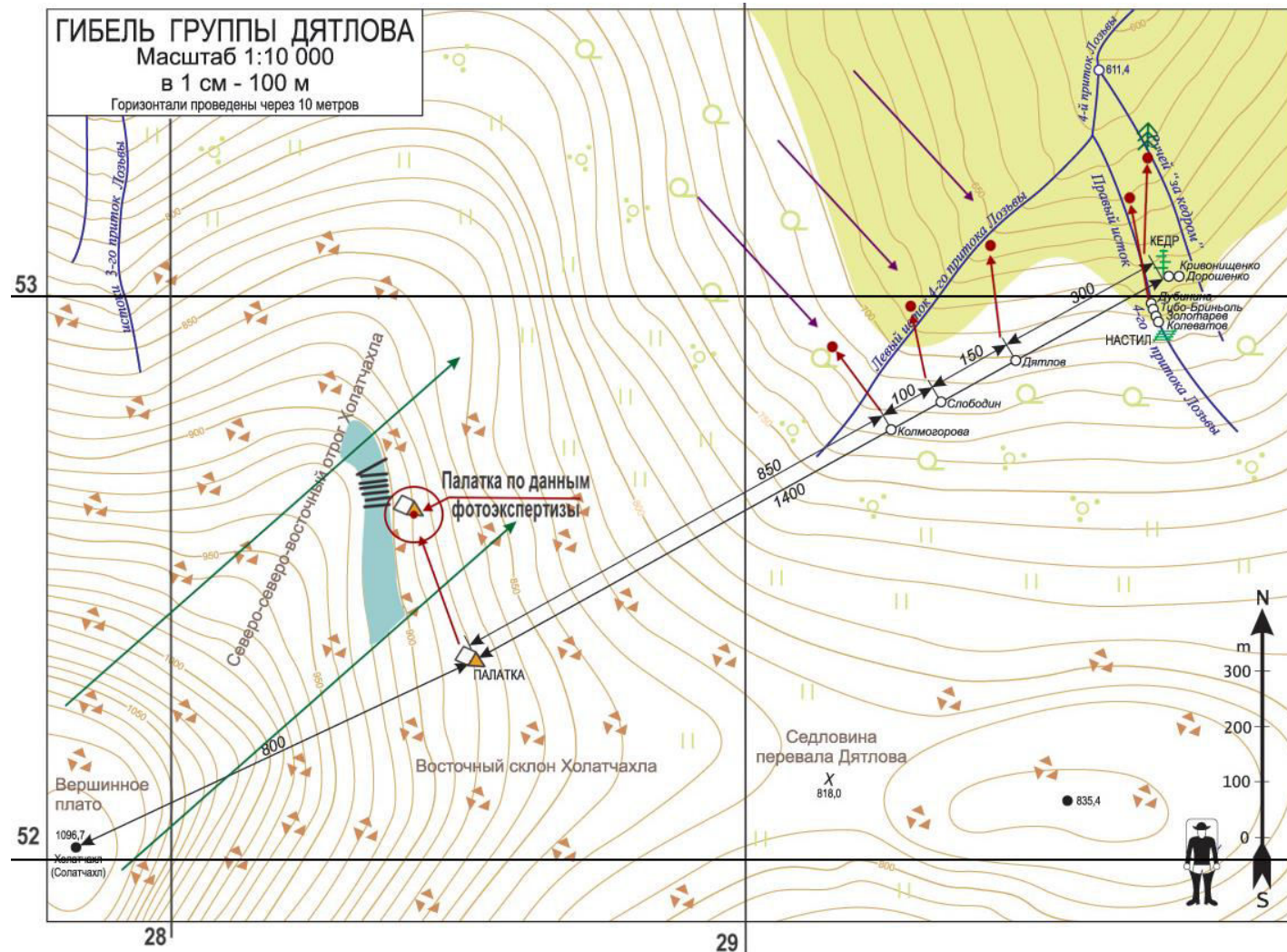


Рис. 5. Карта-схема склона горы Холатчакль с выделенным районом максимального снегонакапления.

Условные обозначения. Район максимального снегонакапления выделен голубым цветом. Участок с максимальной крутизной склона обозначен штриховкой. Линии зелёного цвета показывают ЮЗ направление ветра, линии сиреневого цвета – СЗ направление.

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

При западном направлении ветра к этой массе снега будет добавляться часть снега, сдуваемого с северо-северо-восточного (ССВ) отрога г. Холатчахль. В следствие 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 900м проходит выше уровня палатки примерно на 50 м. Расстояние от палатки до вершины отрога составляет около 150 м. На рисунке 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). В таблице 4 приведены соответствующие количественные значения высоты снежного покрова.

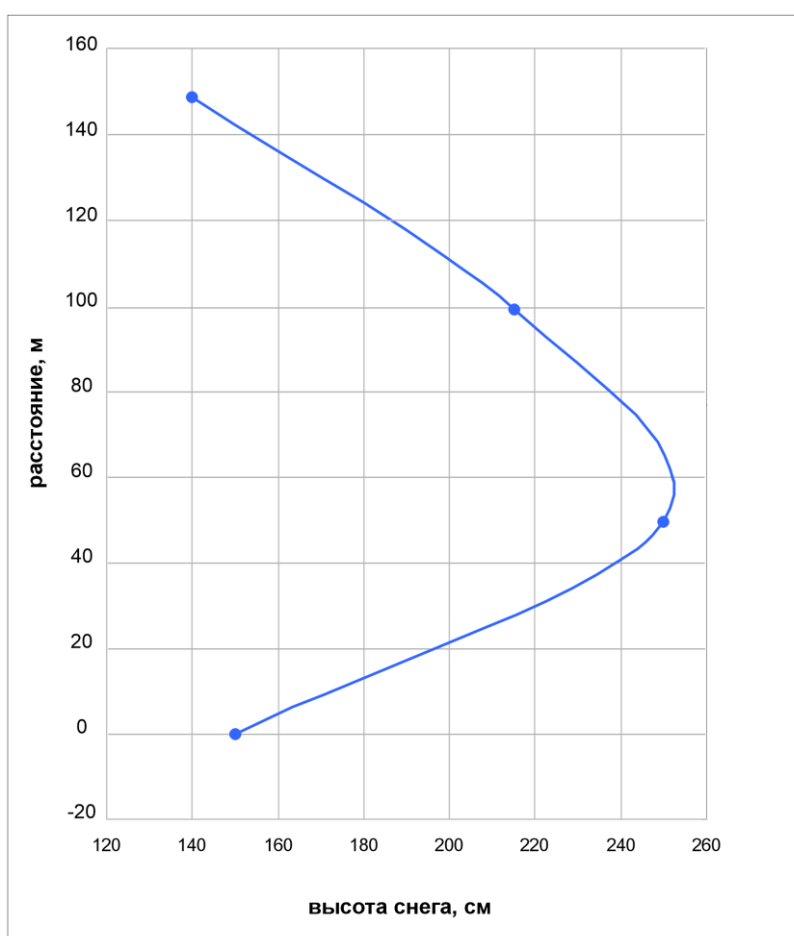


Рис. 6. Изменение высоты снежного покрова на расстоянии от палатки до вершины ССВ отрога г. Холатчахль.

Таким образом, зона максимального снегонакопления над палаткой, на расстоянии примерно 50 м от неё. 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 карто-схеме он заштрихован (рис.5). Участок с северной стороны палатки имеет крутизину 21-22°. Крутизна склонов определялась по гипсометрической карте масштаба 1:10 000 с помощью графика заложений.

Таблица 4.

| 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 свежеснежавшего метелевого снега (за 2 дня в горах выпало более 10мм 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 [1, 2, 3]). Причём 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 (о разновидности лавины не берусь судить). 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 и в «Справочнике по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях РФ» [9] 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 пог. км дна долины, 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.

Состояние поверхности склона, по которому спускались туристы, подробно описано в выше упомянутом заключении В.В. Поповнина, поэтому нет смысла на этом останавливаться.

Высокий снежный покров в лагуне (в районе кедр) образуется как за счёт выпадения атмосферных осадков, так и за счёт снегопереноса со всех возвышенностей, окаймляющих долину подковообразной дугой с 3-х сторон. В рассматриваемом районе объём переносимого за зиму снега составляет 600-1000 м³/пог. м [10]. При таком переносе снега локальные понижения рельефа полностью заматаются снегом.

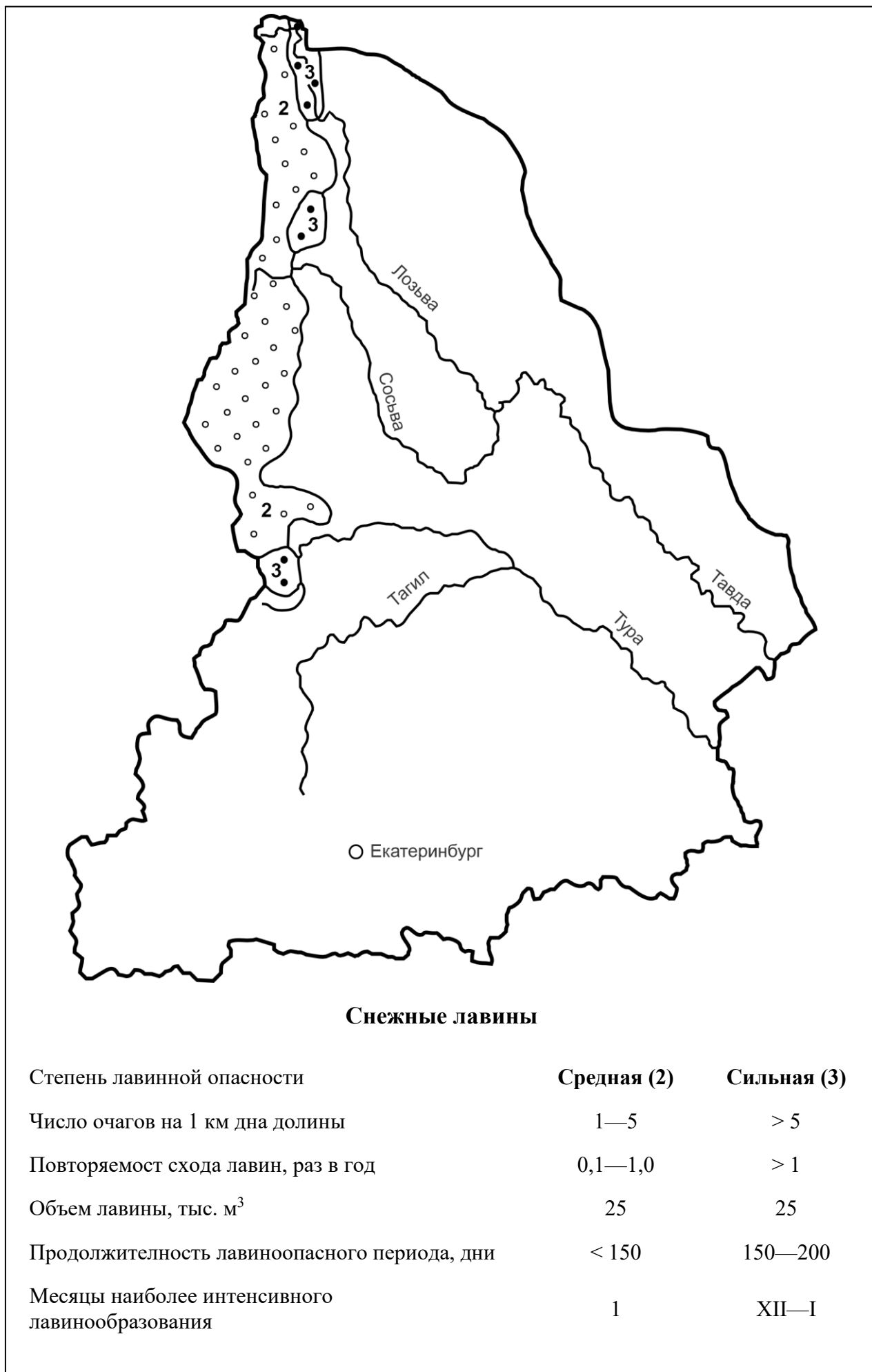


Рис. 7. Районирование территории Свердловской области по степени лавинной опасности.

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

Астрономические характеристики. Первого февраля 1959 г. на широте перевала Дятлова закат Солнца был в 17ч 03мин по местному времени. Затем наступают сумерки. Сумерки – это интервал времени, в которого Солнце находится под горизонтом, а естественная освещённость на Земле обеспечивается отражением солнечного света от верхних слоёв атмосферы и остаточным люминисцентным свечением самой атмосферы, вызываемым ионизирующими излучениями Солнца. В зависимости от максимального угла нахождения Солнца под горизонтом сумерки разделяются на следующие три части: гражданские, навигационные и астрономические.

Гражданские сумерки, когда глубина погружения Солнца заключается в пределах от 0 до 6 или 7°. В это время сумеречное освещение настолько интенсивно, что условия видимости как далёких, 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 17ч 54мин.

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

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

Астрономические сумерки соответствуют глубине погружения Солнца от 12 до 18°. В это время на земле становится совсем темно, но небо в районе сегмента зари ещё сохраняет несколько повышенную яркость. Астрономические сумерки продолжались 2 часа 37мин и закончились в 19ч 40мин.

Далее, когда Солнце находится под горизонтом глубже 18°, солнечные лучи уже не попадают даже в самые верхние слои атмосферы, освещённость с дальнейшим погружением Солнца не меняется и наступает ночь. В лунные ночи освещённость 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 первого на второе февраля 1959 г Луна вошла только в 4 часа 14мин утра, так что **ночь была безлунной** и это упрощает расчёт видимости. На дату 02.02.1959 Луна находилась в фазе «Убывающая Луна», полнота диска составляла 32% (убывающий лунный диск).

Дальность видимости, основные понятия. На сети метеорологических станций **метеорологическая дальность видимости (МДВ)** определяется с помощью приборов, основанных на применении различных источников света, и представляет собой условное выражение прозрачности атмосферы. При отсутствии приборов МДВ определяется визуально по специальной методике. Прозрачность атмосферы и метеорологическая дальность видимости – это синонимы. Метеорологическая дальность видимости – это способ наглядного представления прозрачности атмосферы или степени её помутнения, и ни в коем случае нельзя её смешивать с **дальностью видимости реальных объектов**. И в тёмное, и в сумеречное время, также как и в лунные ночи, между реальной и метеорологической дальностью видимости нет ничего общего. 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 освещённости всё время падает, видимость объектов ландшафта всё время 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 освещённости происходит возрастание порога контрастной чувствительности глаза (ϵ). Величина ϵ вместо двухпроцентного значения днём, 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 днём. 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 освещённости 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 её 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 квадратной 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.

Расчёт 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 квадратных минут, что соответствует размеру объекта 4x4 м (сторона квадрата равна 15 минутам).

Таким образом, при размере палатки 1,5x4,3 м её угловые размеры будут составлять 90,7 квадратных минут. Соответственно дальность видимости будет равна 403 м. С такого расстояние можно различить палатку в дневное время при хорошей видимости.

Известно, что при изменении освещённости контраст не меняется. Но хотя объект и днём и ночью имеет 100-процентный контраст, его реальная видимость ночью будет очень плохая, так как при низкой освещённости меняются свойства зрения (о чём было сказано выше). Так, если днём 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 днём в 12,5 раз ($50:4=12,5$).

Это значит, что определённое выше значение дальности видимости для светлого времени суток, равное 403м, ночью будет составлять всего 32м ($403/12,5=32$).

Снегопад и метель уменьшают дальность видимости. Даже слабый снегопад (0,1-0,5 мм/час) 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 кедр, шёл снег. Если даже допустить, что снегопад прерывался, то под влиянием сильного ветра, который наблюдался всё это время, свежевыпавший 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 час, 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 вероятностью утверждать, что туристы, удалившись от палатки на 30-50м, не могли её видеть.

5. Комментарии к выбору маршрута подъёма трёх туристов к палатке.

Долина Левого истока 4-го притока Лозьвы, по дну которой начали подниматься трое туристов, направлена с ЮЗ на СВ. Ветер 1-го и 2-го февраля был северо-западного (СЗ) направления, т.е. ветер 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 расчленённость и здесь на дне долины скорость ветра была примерно на 2-3 м меньше, чем возле кедр. Это различие вызвано тем, что кедр расположен на относительно ровной местности, не имеющей орографической тени.

Уменьшение скорости ветра это большое преимущество при подъёме 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 свежевыпавшим верхним слоем, по которому было трудно идти, вдобавок дул сильный ветер. При таких условиях обмороженные, сильно переохлаждённые 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 трёх туристов по одной линии.

6. Выводы.

1). Детальная микроклиматическая оценка территории показала, что при наблюдавшемся 1 и 2-го февраля северо-западном направлении ветра зона «ветровой тени» была только на подветренной стороне северо-северо-восточного отрога г. Холатчахль, где и была установлена палатка. Причём палатка была уставовпева в непосредственной близости от зоны максимального снегонакопления между отрогом и палаткой образующего мощный снежный навал выше палатки, который усиливал эффект защищённости палатки от ветра. Таким образом, **туристы остановились и поставили палатку в ветровой тени, при относительном снижении ветрового потока в этом месте склона на 10-15% относительно окружающей местности.**

2). 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 час), ветро-холодовой индекс и на уровне палатки ($-31,8^{\circ}$), и на уровне кедр ($-29,0^{\circ}$) соответствовал среднему риску переохлаждения и обморожения открытых участков кожи в течение 10-30 минут. Ко времени подъёма трёх туристов по склону (примерно в 3-5 часов утра) ветро-холодовой индекс на уровне кедр составлял уже $-43 - -46^{\circ}$, 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 смерти.

3). 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 час) над данным районом проходил холодный фронт, который вызвал резкий перепад температуры воздуха в сторону похолодания и усиление ветра, сопровождавшиеся снегопадом и метелью, т.е. 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.

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

5). Высокий снежный покров в районе кедр образуется как за счет выпадения атмосферных осадков, так и за счёт снегопереноса со всех возвышенностей, окймляющих долину подковообразной дугой с 3-х сторон. В рассматриваемом районе объём переносимого за зиму снега составляет $600-1000 \text{ м}^3/\text{пог. м}$. **При таком переносе снега локальные понижения рельефа полностью заматаются снегом.**

7. Литература.

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 9. – Л.: Гидрометеиздат, 1990.
2. Методические рекомендации Свердловского бюро погоды. Вып. 5. Апрель 1973.
3. Орлова В.В. Климат СССР. Западная Сибирь. Вып. 4. – Л.: Гидрометеиздат, 1962, 360с.
4. Микроклимат СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1967, 284с.
5. Пигольцина Г.Б., Зиновьева Н.А. Закономерности изменения скорости ветра с высотой на подветренном склоне горного хребта (на примере северного склона хребта Аибга). // Труды ГГО, 2014. – Вып. 575. – С. 119-130.
6. Пигольцина Г.Б., Зиновьева Н.А. Методы оценки микроклиматической изменчивости специализированных климатических характеристик в условиях горного рельефа и недостаточной метеорологической информации на примере территории проведения зимних Олимпийских игр «Сочи-2014». // Материалы Всероссийской конференции посвященной 100-летию профессора Олега Алексеевича Дроздова. 20-22 октября 2009г. – Санкт-Петербург, 2009. – С.124-126.
7. Пигольцина Г.Б., Зиновьева Н.А. Пространственное распределение высоты снежного покрова в горном кластере территории проведения Зимних Олимпийских игр «Сочи-2014». // Труды ГГО, 2013. – Вып.569. – С.137-147.
8. Пигольцина Г.Б., Зиновьева Н.А. Оценка микроклиматических условий горного кластера района Красной Поляны для обеспечения спортивных объектов детальной погодно-климатической информацией. // Метеорология и гидрология. 2015. №8. С. 88-97.
9. Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации. С-Пб.: Гидрометеиздат, 1997, 587с.
10. Михель В.М., Руднева А.В. Районирование территории СССР по переносу снега. // Труды ГГО, 1967. – Вып. 210. – С. 79 91.

Ведущий научный сотрудник,
доктор геогр. наук
31.07.2019

[подпись]

Г.Б. Пигольцина