



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и экономического обеспечения деятельности
предприятий природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
(квалификация – бакалавр)

На тему «Лавиноопасность холодного периода на ООО «Горки город»

Исполнитель Барышев Антон Олегович

Руководитель д.г.н., профессор Яйли Ервант Аресович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«22» 01 2020 г.

Туапсе
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Физико-географическое описание ООО «Горки Город» на территории пгт Красная Поляна	5
1.1 Географическая характеристика исследуемой территории.....	5
1.2 Методика наблюдений и обследований за лавиноопасностью.....	8
2 Метеорологические условия холодного периода 2016-2017 годов, как условия лавиноопасности	13
2.1 Характеристика метеорологических условий 2016-2017 гг.	13
2.2 Динамика снежного покрова за холодный период 2016–2017 годов..	22
3 Лавиноопасные периоды зимнего сезона 2016-2017 годов.....	30
3.1 Лавиноопасные месяцы холодного периода 2016 -2017 годов.....	30
3.2 Противолавинные мероприятия	41
Заключение	46
Список использованной литературы.....	49

Введение

Влияние метеорологических условий на процесс лавинообразования многогранно. Они влияют на вид выпадающих осадков, на формирование и уплотнение и образование внутренних напряжений всего снежного покрова. Различия его свойств по глубине определяют процессы метаморфизма. Существенно влияют на характеристики вязких и прочностных свойств снега его температура.

Для прогнозирования лавин необходимо учитывать не только текущие метеорологические условия, но и характеристики всего комплекса данных за период зимнего сезона. Особенно важно знать температурный режим, влажность воздуха и осадки, ветер, высоту снежного покрова и его стратиграфию, строение, плотность и прочностные характеристики снега в зоне образования лавин [16, с.17].

Лавинная тематика в настоящее время очень актуальна, т.к. идёт активное освоение горных районов страны. У подножия гор расположены многочисленные населённые пункты, которые нуждаются в защите от лавин, но не всегда инженерные сооружения, такие как противолавинные дамбы, могут быть эффективны, и чтобы предотвратить катастрофу, необходимо своевременно и точно спрогнозировать лавинную опасность.

Также активно развивается горнолыжный туризм, на склонах гор устанавливаются горнолыжные комплексы. Это неизбежно ставит под угрозу схода лавин инфраструктуру туристических объектов.

Поселок городского типа Красная Поляна – расположен в долине реки Мзымта. Это регион, который активно развивается в последние годы и обрел массовую популярность среди отдыхающих и горнолыжников. На его территории расположено несколько горнолыжных курортов, одним из которых является Горки Город.

В связи со значительным увеличением освоенных территорий горной местности, возникает необходимость в научном обеспечении спортивных и

гражданских объектов информацией о возможных опасных погодных явлениях, в том числе и лавины. Красная Поляна занимает особое место из областей Большого Кавказа с большим снегонакоплением, поскольку максимум осадков приходится именно на зимний период. Средний многолетний показатель по количеству осадков в зимний период составляет около 2200 мм. Вопросы сбережения жизни и здоровья людей, защиты объектов инфраструктуры существуют в районе Красной Поляны во всей полноте и сложности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью соблюдения правил безопасности на территории горнолыжного курорта Горки Город в связи со значительным расширением зон ответственности, что привело к повышению требований к изучению и дальнейшему прогнозированию лавиноопасности в холодный период года.

Объект исследования – горнолыжный курорт Горки Город пгт. Красная Поляна.

Предмет исследования – влияние метеорологических условий на лавиноопасность в горнолыжном курорте Горки Город.

Цель исследования - комплексное изучение метеорологических условий и их влияние на образование лавин.

Задачи исследования:

- провести географическое описание района исследования;
- выявить особенности температурного режима, влажности воздуха, осадков, и ветровой режим;
- изучить динамику снежного покрова за исследуемый период;
- дать характеристику лавиноопасных периодов исследуемого холодного сезона;
- оценить влияние метеорологических условий на лавиноопасность в районе горнолыжного курорта Горки Город;
- обобщить мероприятия по предотвращению лавиноопасности.

1 Физико-географическое описание ООО «Горки Город» на территории пгт Красная Поляна

1.1 Географическая характеристика исследуемой территории

Район поселка Красная Поляна входит в состав Краснодарского Причерноморья и относится к горной зоне Большого Кавказа. Главный Кавказский хребет – основной компонент этой зоны. В сущности, он представлен цепью гор, которая простирается на 1100 км с северо–запада на юго–восток, от Черного моря к Каспийскому.

Вся система Главного Кавказского хребта занимает около 2600 км², из которых северный склон занимает около 1450 км², а южный – 1150 км². Максимальной ширины Большой Кавказ достигает в районе Эльбруса – до 180 км. В осевой части расположен Главный Кавказский (Водораздельный) хребет, к северу от него простирается ряд параллельных хребтов (горных цепей). Южный склон Большого Кавказа большей частью состоит из кулисообразных хребтов, примыкающих к Главному Кавказскому хребту. Традиционно Большой Кавказ делится на 3 части: Западный Кавказ (от Чёрного моря до Эльбруса), Центральный Кавказ (от Эльбруса до Казбека), Восточный Кавказ (от Казбека до Каспийского моря).

Так называют часть Краснодарского края около Черного моря, которая тянется от Таманского полуострова до границы с Абхазией, а в поперечном направлении от прибрежной зоны моря до Главного Кавказского хребта. Географически Краснодарское Причерноморье относится к территории Западного Кавказа. Протяженность региона составляет около 350 километров, а ширина варьирует в пределах 10–70 километров. Зона оледенения сравнительно небольшая. Как и везде на Кавказе, наблюдается постепенное отступление ледников [7, с.23].

В Краснодарском Причерноморье в море впадают десятки малых рек и сотни ручьев, значительная часть которых – временные водотоки, пересыхающие в засушливые периоды года. Из всех рек река Мзымта имеет

самую большую площадь водосбора, около 1000 км², и протяженность водотока 89 км. В целом протяженность и водность рек региона возрастает от северо-западной до юго-восточной границы.

Долина р. Мзымта расположена на южном макросклоне Западного Кавказа. В верховьях долина вытянута с юго-востока на северо-запад, а от посёлка Красная Поляна и до устья – с северо-востока на юг-запад. На севере она непосредственно примыкает к Главному Кавказскому хребту, а с юга ограничена хребтами Аибга и Ацетука. От Главного Кавказского хребта на юг отходят несколько небольших отрогов (Ачишхо, Псехоко, Грушевый и т.д.), которые делят долину реки Мзымта на отдельные участки. Главный Кавказский хребет в пределах долины реки Мзымта сравнительно невысок. Высшей его точкой является гора Псеашхо Южная 3251 м.

Хребты, ограничивающие долину реки Мзымта, подняты в среднем на высоту 2000–2500 м. Дно долины понижается местами до 400–500 м. При таком сильном расчленении рельефа склоны долины обладают большой крутизной и утёсистой, ослабевающей с приближением к дну долины. В выработке рельефа принимало участие древнее оледенение, формируя отроговый характер рельефа [15, с. 24].

Сочи относится к зоне влажных субтропиков, являясь одним из наиболее северных районов этой климатической зоны во всём мире. Южное расположение района, наличие незамерзающего моря и отрогов Главного Кавказского хребта оказывают существенное влияние на климат. Это влияние сказывается в том, что все процессы, протекающие с довольно определённой закономерностью на равнинных местах, в данном рельефе претерпевают значительные изменения, которые порой трудно учесть [7, с.28].

ООО «Горки Город» расположен южнее Главного Кавказского хребта, в Краснополянском поселковом округе Адлерского района г. Сочи в 1–4 км к югу от пос. Эсто-Садок, на территории Сочинского национального парка. Участок расположен в высотном диапазоне 600 – 2500 м н.у.м. на северных склонах хребта Аибга в бассейне ручьев Водопадный, Тобиус и реки Ржаной,

которые являются левыми притоками реки Мзымта. Обзорная схема участка работ представлена на рисунке 1.1.

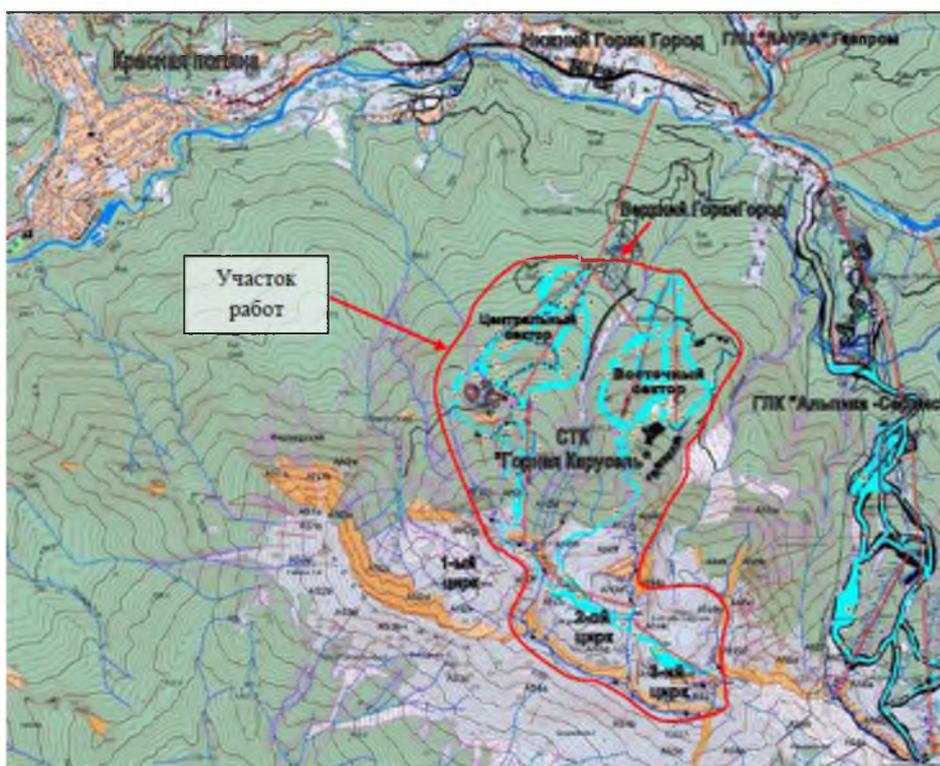


Рисунок 1.1 – Обзорная схема исследуемой на лавиноопасность территории [21, с. 17]

На территории СТК «Горная карусель» выделены все морфологические типы лавиносборов. Лавиносборы верхней зоны хребта Аибга представлены деформированными карами, денудационными воронками и эрозионными врезами. Высота зон отрыва лавин от 2400 до 1800 м, возможные объёмы лавин могут достигать более 400 000 м³. Лавиносборы лоткового типа в лесной зоне: эрозионные врезы и прочёсы в лесу. Высота зон отрыва лавин от 1800 до 1000 м, объёмы лавин от 1000 м³ до 10 000 м³.

Ветровой режим способствует сильному снегонакоплению в зонах отрыва лавин и формированию снежных карнизов на гребне хребта Аибга.

В свою очередь, обрушение снежных карнизов часто является спусковым механизмом для схода лавин [8, с.41].

В общем, климатические и геоморфологические условия обслуживаемой территории благоприятны для активного развития лавинных процессов и

формирования лавин больших объёмов.

1.2 Методика наблюдений и обследований за лавиноопасностью

Для анализа снеголавинной обстановки были организованы метеорологические и снеголавинные наблюдения на метеорологической площадке, расположенной вблизи стационарного снеголавинного поста. Стационарный снеголавинный пост СЛП организован в районе приводной станции 3-го подъемника на высоте 1500 м н.у.м

Использовались данные трех автоматических метеостанций «Горная карусель–1000», «Горная карусель–1500» и «Горная карусель–2000». Все данные регистрировались сотрудниками снеголавинного отряда в режиме круглосуточного дежурства. Таким образом обеспечивался детальный мониторинг снеголавинной обстановки всех высотных диапазонов СТК «Горная карусель».

Комплекс снеголавинных и метеорологических наблюдений на обслуживаемой территории включал:

- организацию мониторинга снеголавинных процессов и явлений;
- определение высотного положения границы снежного покрова;
- выбор репрезентативных мест для производства стационарных снегомерных шурфов для описания стратиграфии снежной толщи и определения физико-механических и термических свойств снега и выделения разрыхленных лавиноопасных слоев.
- доведение оперативной информации и суточного локального прогноза лавинной опасности до заказчика.

Обследование в лавиносборах, угрожающих территории СТК «Горная карусель», включало в себя:

- исследования стратиграфии снежной толщи;
- определения физико-механических свойств снега в стационарных и маршрутных шурфах и выделение в них ЛОС;

- регистрацию лавин [2, с.19].

Методика наблюдений за снежным покровом и лавинами. Снеголавинные наблюдения в отчетном периоде обеспечивали выполнение следующих основных задач:

- изучение условий снегонакопления в лавиносборах, а также физико-механические состояния снежной толщи, включая исследования процессов перекристаллизации снега;
- изучение режима лавинообразования;
- создание информационной базы для последующего анализа, расчетов и прогнозов.

Проводились натурные измерения высоты снега сотрудниками снеголавинного отряда по установленным стационарным снегомерным рейкам. Наблюдения за стратиграфией и процессами трансформации снежной толщи, которые приводят к возникновению опасных горизонтов, формирующих лавины, были организованы на семи стационарных площадках, а также при проведении маршрутных наблюдений.

Камеральная обработка полевых данных выполнялась сразу после проведения наблюдений. Данные заносились в книжки для записи: стратиграфических наблюдений в снежных шурфах (КС–3), высоты снежного покрова (КС–4) и регистрации снежных лавин (КС–5). Вся информация также сохранялась в электронном виде.

При описании характеристик снежной толщи определялись: характер контактов между слоями, вид снега, влажность, тип и размеры кристаллов, плотность, температура каждого слоя [13, с. 108].

Описание и регистрация сошедших лавин осуществлялась на основе визуальных обследований в соответствии с руководством по снеголавинным работам. Лавины фиксировались при ежедневном осмотре лавинных очагов при маршрутном характере обследования территории.

Наиболее значимые лавины холодного периода 2016-2017 гг., зарегистрированные сотрудниками снеголавинного отряда в лавиносборах,

угрожающих территории СТК «Горная карусель», нанесены на карту фактического материала.

Оперативное обеспечение заказчика гидрометеорологической и снеголавинной информацией предусматривало ежедневную передачу лавинного бюллетеня установленной формы с информацией о метеорологической и снеголавинной обстановке с рекомендациями по безопасной эксплуатации комплекса. При изменении лавинной опасности в течение дня предусматривалась незамедлительная передача откорректированного бюллетеня.

Выполнение работ по локальной оценке устойчивости снежного покрова на обслуживаемой территории предполагало апробацию имеющихся методик оценки и прогноза, уточнение критических значений полученных данных метеонаблюдений и свойств снежного покрова и выяснение их роли в образовании снежных лавин на конкретной территории.

Камеральные работы включали в себя обработку и систематизацию результатов полевых наблюдений, метеорологической информации, составление данного итогового отчета и прилагаемых к нему карт, графиков и таблиц.

Для производства стратиграфических наблюдений в лавиносборах заложено 7 стационарных площадок снежных шурфов, где определялись физико–механические свойства снега, и выявлялось наличие в снежной толще лавиноопасных слоев.

При изучении снежной толщи определялся характер контактов между слоями, стратиграфия, структура, влажность снега, размеры кристаллов, температура, плотность, твердость слоев [18, с.113].

Всего за исследуемый период на семи стационарных площадках пройдено 55 шурфов, и 125 маршрутных шурфов, по ним составлены колонки с полным описанием стратиграфии каждого слоя.

Стационарные площадки шурфования нанесены на карту фактического материала. Все наблюдения и оформление полученных данных проводились в

соответствии с руководством по снеголавинным работам [23, с.122].

На территории СТК «Горная карусель», было установлено 34 снегомерные рейки, по которым ежедневно снималась показания высоты снежного покрова. Места их установки также нанесены на карту фактического материала.

За исследуемый период заказчику предоставлено 240 лавинных бюллетеней установленной формы включая 23 дополнительных бюллетеня с литерой «А», 5 дополнительных бюллетеней с литерой «Б» с информацией о метеорологической и снеголавинной обстановке с рекомендациями по безопасной эксплуатации объекта.

Метеорологические наблюдения проводились ежедневно в районе стационарного СЛП на метеорологической площадке, расположенной на высоте 1500, а также по АМС «Горная карусель–1000», «Горная карусель–1500» и «Горная карусель–2000».

Они включали в себя измерение температуры воздуха, влажности, скорости и направления ветра, атмосферных осадков, температуры поверхности снега, плотности верхнего слоя снега, метеорологической дальности видимости, наблюдения за облачностью и метеорологическими явлениями.

Состав наблюдений включал в себя измерение количества осадков и вид атмосферных осадков. Во время снегопадов специалистами СЛЮ производились дополнительные наблюдения, которые включали в себя измерение количества осадков, продолжительность снегопадов, интенсивность выпадения осадков, вид атмосферных осадков, тип кристаллов, размер кристаллов и влажность снега. Данные по наблюдениям заносились в книжку КС–8 и на электронный носитель в таблицу установленного образца [24, с.28].

При анализе данных необходимо учитывать, что АМС «Горная карусель–1000» не работала в виду технической неисправности в период 1–2, 4–5, 15–17, 24 ноября 2016 г, (данные отсутствуют), и АМС «Горная карусель–2000» так же не работала в виду технической неисправности в период с 6 по 26 декабря 2017 г. В таблице 1.1 приводится перечень метеорологический станций,

расположенных на определенных высотах над уровнем моря в исследуемом районе.

Таблица 1.1 – Высотное расположение АМС [1, с.44]

Наименование метеорологической станции	Высота, м н.у.м.
АМС «Горная карусель–1000»	977
АМС «Горная карусель–1500»	1432
АМС «Горная карусель–2000»	2070

Массив метеорологической информации был обработан, а затем представлен в виде среднесуточных и экстремальных значений в таблицах и графиках.

2 Метеорологические условия холодного периода 2016-2017 годов, как условия лавиноопасности

2.1 Характеристика метеорологических условий 2016-2017 гг.

Разнообразие и сложность рельефа, наличие незамерзающего Черного моря и отрогов Большого Кавказского хребта, значительные колебания высот в сочетании с сезонными особенностями циркуляции атмосферы создают большое разнообразие в температурном режиме территории.

Согласно климатической классификации, район Красной Поляны относится к субтропической черноморской области с избыточным характером увлажнения. Преобладающими здесь являются процессы западной и юго-западной циркуляции в системах атлантических средиземноморских и черноморских циклонов. Количество осадков увеличивается с северо-запада на юго-восток, а также с ростом абсолютной высоты местности. Увлажненность в северо-западной части черноморской области составляет 1000 мм в год, в юго-восточных районах на побережье и у подножия склонов возрастает до 1500–2000 мм, и, наконец, в горах достигает 3800 мм [20, с. 14].

Горная и альпийская зоны района (600–2500 м над уровнем моря). В горной части зима является наиболее дождливым сезоном по количеству осадков и по числу дней с осадками. Раннее залегание снега с ноября и его накопление из-за обилия осадков, создают устойчивый снежный покров. Высота снега от 1000 м над уровнем моря в январе, феврале в среднем составляет 50 см, от 1500 до 2500 м над уровнем моря 350–390 см, на подветренной северной стороне склонов до 4–5 метров.

В распределении снежного покрова в районе Красной Поляны имеет место наличие зон неустойчивого, переменного и постоянного снежного покрова. Зона неустойчивого снежного покрова охватывает предгорья и нижние участки горной территории до высот 1000 м. Она характеризуется небольшой продолжительностью залегания снега (до 50–70 дней) и наличием зим без устойчивого снежного покрова.

Зона переменного снежного покрова охватывает значительную часть территории от 1000 до 3000 метров. Характерным для зоны переменного снежного покрова является отсутствие бесснежных зим и продолжительность залегания снега от 100 до 260 дней в году на высотах более 2000 метров.

В зоне постоянного снежного покрова снег, накопившийся в холодный период, полностью практически не стаивает в теплое время года, и продолжительность его залегания составляет 365 дней в году. К этой зоне относится северный склон массива Агепста, г. Чугуш, Туриные Горы, г. Фишт, глубокие каньонообразные кулуары массивов Аибга, г. Ачишхо, г. Чура, г. Амуко [14, с.131].

Выделение четырёх сезонов года здесь является искусственным. Средняя месячная температура воздуха весь год выше нуля. Таким образом, выраженный зимний период фактически отсутствует. Поэтому внутри года целесообразно выделять два периода: холодный – ветренный, пасмурный, дождливый и тёплый – относительно сухой и ясный, с преобладанием местной бризовой циркуляции.

Резкое изменение погоды наблюдается в холодную половину и переходные периоды года. Огромное влияние рельеф района оказывает на скорость смещения и эволюцию барических образований и фронтов. Особенно характерно задерживающее влияние хребта на массы воздуха за холодными фронтами.

В результате этого осадки, связанные с холодными фронтами, наиболее интенсивны и продолжительны, чем связанные с другими фронтами. Главный Кавказский хребет выполняет защитную роль от резкого похолодания при смещении холодных фронтов с севера, поскольку эти фронты как бы разворачиваются и заходят уже с запада, предварительно прогревшись над морем в нижних слоях. Отличительной особенностью холодной половины года является максимальное развитие циклонической деятельности [29, с. 14].

Климат высокогорной части Западного Кавказа района Красная Поляна, в значительной мере определяется режимом свободной атмосферы со стороны

Главного Кавказского хребта. Преобладает западный перенос общей циркуляции. В годовом суточном ходе различных метеорологических элементов происходят резкие изменения определяемые взаимодействием свободной атмосферы с поднимающимся рельефом. Характер изменения температуры с высотой не зависит от сезона, изменяется лишь количество выпавших осадков [4, с. 56].

В высокогорной зоне началом осени является конец безморозного периода и первые снегопады. В этот период температура воздуха понижается с высотой на $0,45-0,5^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м. В это время увеличивается облачность, осадки, вероятность туманов, изморози. Осенью наблюдается преобладание западных ветров, вторжение холодного воздуха и понижение температуры воздуха, снегопады начинаются уже в первой декаде октября [7, с.37].

За начало зимы в высокогорной зоне принято время возникновения устойчивого снежного покрова. Средняя суточная температура воздуха снижается до минусовых отметок с высоты 1500м. Устойчивый снежный покров начинается с ноября месяца.

Долина р. Мзымта в районе Красной Поляны образует уникальную котловину в окружении высокогорья, ограниченную с севера и северо–востока Главным Кавказским хребтом, его отрогом Ачишхо с вершинами до 2500м; с юга и юго-востока – хребтом Аибга, идущим параллельно долине р. Мзымта; с юго-запада котловина замыкается ущельем реки. Такое расположение и ориентировка относительно направления воздушных масс служит каналом, по которому воздушные потоки проникают с моря вглубь гор и здесь за счет инверсионных процессов, поднимаясь по ущельям, отдают влагу, способствуя образованию глубокого снежного покрова и возникновению снежных лавин.

Замкнутость долины, почти полное отсутствие сильных ветров и большая, по сравнению с окружающими районами, сухость воздуха создают особый мягкий и довольно теплый климат, близкий к климату прибрежной зоны с теми же абсолютными отметками (400–500м).

По наблюдениям за облачностью на станциях Сочи, Красная Поляна,

Ачишко отмечается слабая выраженная инверсия, и облачность во всей зоне от уровня Черного моря до высоты 2000м остается почти неизменной по количеству [7, с.42].

В формировании климата района существенную роль играет Черное море, являющееся аккумулятором тепла, и отроги Главного Кавказского хребта, преграждающие доступ холодным массам воздуха с севера и востока. Черное море лежит на пути к Кавказу западных воздушных масс. Они принимают испарившуюся с водной поверхности влагу, еще более насыщаются парами и достигают Кавказа. На склонах гор содержащаяся в воздухе влага конденсируется и выпадает в виде обильных осадков.

Температурные характеристики по данным АМС «Горная карусель–1000», АМС «Горная карусель–1500» и АМС «Горная карусель–2000» приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные температурные характеристики холодного периода 2016–2017 гг.

Параметры	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
АМС «Горная карусель-1000»							
Т ср. воздуха	-	-2,4	-0,8	-0,3	5,0	7,7	11,8
Т min воздуха	-	-11,5	-12,7	-11,1	-3,9	-1,3	4,6
Т max воздуха	-	8,0	10,8	12,9	16,5	22,2	23,9
Кол-во дней с оттепелями	-	14	20	20	31	30	31
АМС «Горная карусель-1500»							
Т ср. воздуха	4,2	-3,7	-2,8	-2,7	2,7	5,3	9,2
Т min воздуха	-5,8	-11,8	-14,5	-12,0	-6,3	-4,7	2,5
Т max воздуха	18,1	4,9	7,4	8,9	12,6	17,2	19,7
Кол-во дней с оттепелями	27	7	16	15	27	28	31
АМС «Горная карусель-2000»							
Т ср. воздуха	0,9	-	-6,7	-6,3	-0,8	1,6	5,3
Т min воздуха	10,7	-	-18,9	-17,1	-10,6	-8,8	-0,9
Т max воздуха	12,8	-	1,8	4,0	7,3	10,7	13,9
Кол-во дней с оттепелями	21	-	5	4	19	24	31

В таблице 2.1 приведены данные за весь холодный период исследуемых годов по данным трёх метеорологических станций. В зимнем сезоне 2016-2017 гг. самым холодным месяцем был январь. Наиболее низкая

среднеянварская температура воздуха по данным «Горная карусель–2000» составила $-6,7^{\circ}\text{C}$, минимальная температура $-18,9^{\circ}\text{C}$, против $-2,8$ и $-2,7$ «Горная карусель–1500» и $-0,8$ $-0,3$ «Горная карусель–1000» соответственно.

Результат сравнительного анализа среднесуточного температурного режима по данным АМС «Горная карусель–1000», АМС «Горная карусель–1500» и АМС «Горная карусель–2000» приведён на рисунке 2.1.

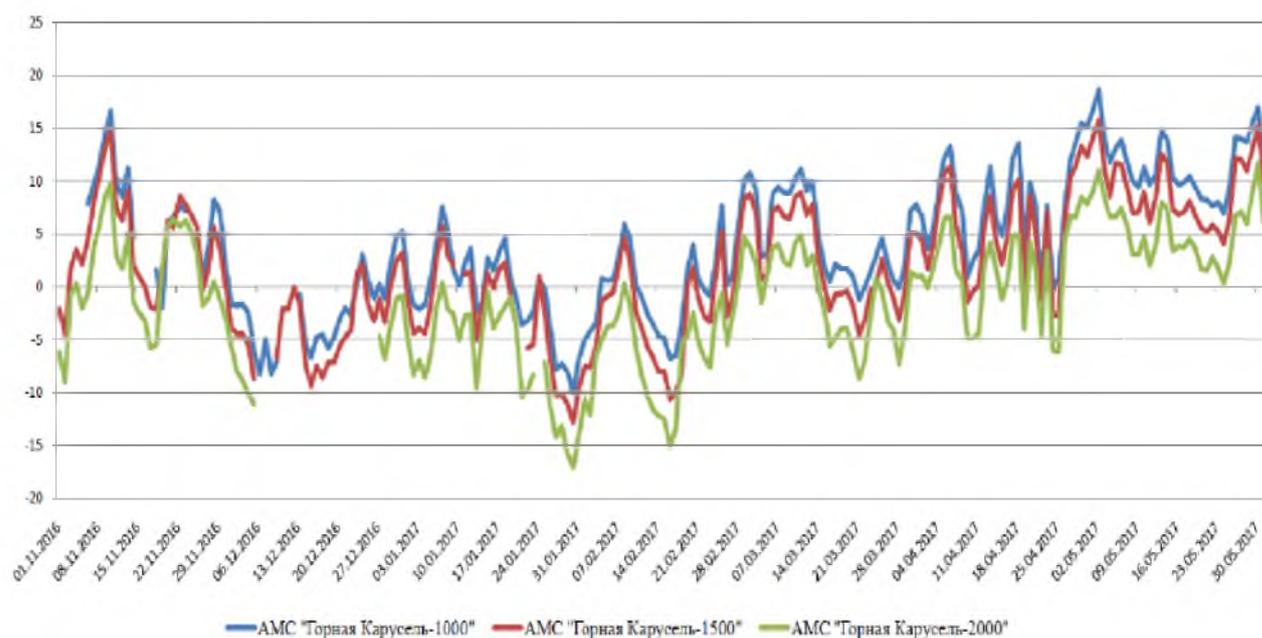


Рисунок 2.1 – Среднесуточная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) по трем станциям за холодный период 2016-2017 гг.

Данные рисунка 2.1, наглядно свидетельствуют, что среднесуточная температура воздуха понижается с увеличением высоты горного рельефа, и соответствует кривой зелёного цвета, относящейся к АМС «Горная карусель–2000».

В таблице 2.2 представлена среднемесячная относительная влажность воздуха по трем станциям за исследуемый период.

Таблица 2.2 – Среднемесячная относительная влажность воздуха (%) по трем станциям за холодный период 2016-2017 гг.

Метеостанция	XI	XII	I	II	III	IV	V
АМС «Горная карусель-1000»	-	81	76	76	70	67	81
АМС «Горная карусель-1500»	63	86	73	73	66	62	76
АМС «Горная карусель-2000»	59	-	71	74	65	62	76

Как видно из таблицы 2.2, среднемесячные значения изменялись от 59 до 86 % , а самые большие значения среднемесячных показателей относительной влажности воздуха фиксировались преимущественно в декабре и в мае. С высотой, относительная влажность воздуха оказалась самой низкой и в среднем за холодный период 2016–2017 гг. составила 68 %.

На рисунке 2.2 показаны среднесуточные значения относительной влажности воздуха за холодный период 2016–2017 гг.

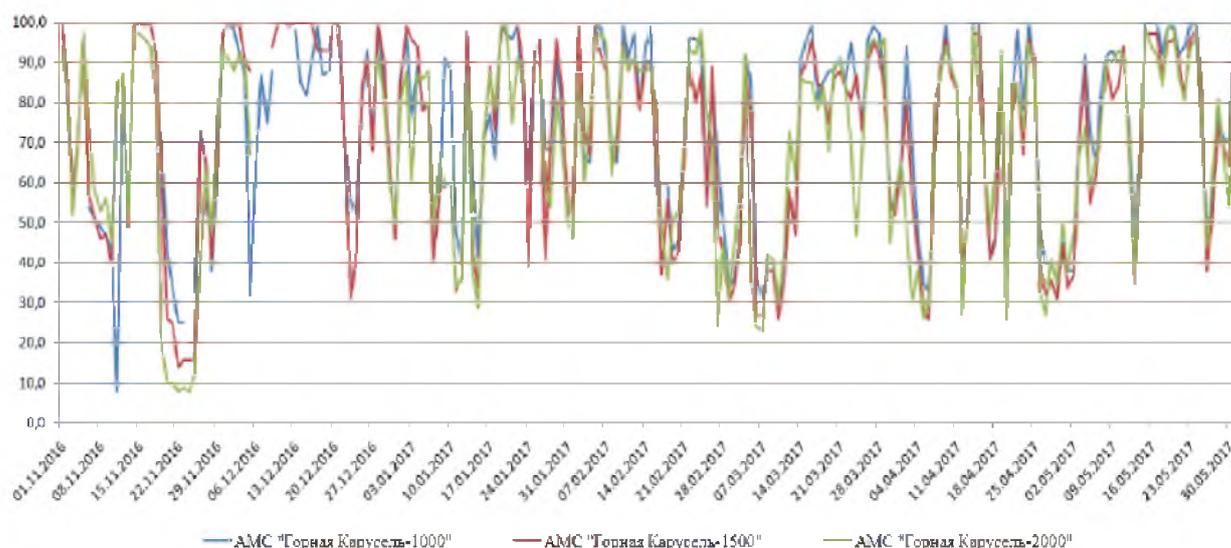


Рисунок 2.2 – Относительная влажность воздуха (%) за холодный период 2016-2017 гг.

В отличие от среднемесячных, среднесуточные значения относительной влажности воздуха по высоте различаются незначительно. Наблюдения за атмосферными осадками производились на МП СЛП сведены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Сравнительное количество осадков (мм) за холодный период 2016-2017 гг.

Месяцы	АМС «Горная карусель-1000»	АМС «Горная карусель-1500»	АМС «Горная карусель-2000»
Ноябрь	-	173,4	143,8
Декабрь	262,2	344,6	-
Январь	107,8	116,9	102,9
Февраль	191,2	199,6	142,0
Март	114,6	117,0	102,7
Апрель	235,1	226,6	198,7
Май	217,8	274,0	275,9
Сумма осадков	1128,7	1452,1	966,0

Как видно из таблицы 2.3, за холодный период исследуемых высот, наибольшее количество осадков наблюдалось на высоте 1500 метров - 1452,1 мм и следующим в этом ряду оказалась высота 1000 м - 1128,7 мм, а на высоте 2000 м всего - 966,0 мм, т.е. с высотой оно уменьшилось.

При рассмотрении распределения осадков по месяцам оказалось, что больше всего осадков выпало в декабре 262,2 мм – 1000 м, и 344,6 мм – 1500 м, затем в апреле и мае, когда наблюдаются активные движения в атмосфере связанные с перемещением холодных фронтов с севера и теплых с юга морского побережья и т.д.

Таблица 2.4 – Количество дней с осадками по данным АМС «Горная карусель–2000» за холодный период 2016-2017 гг.

Месяц	XI	XII	I	II	III	IV	V
Кол-во дней с осадками	16	21	13	17	16	15	18

Судя по таблице 2.4, наибольшее количество дней с осадками по данным АМС «Горная карусель–2000» зафиксировано в декабре, затем в мае, конечно весной это были дожди.

На рисунке 2.3 представлен ход осадков с ноября 2016 г. по май 2017 г. по данным трёх метеостанций.

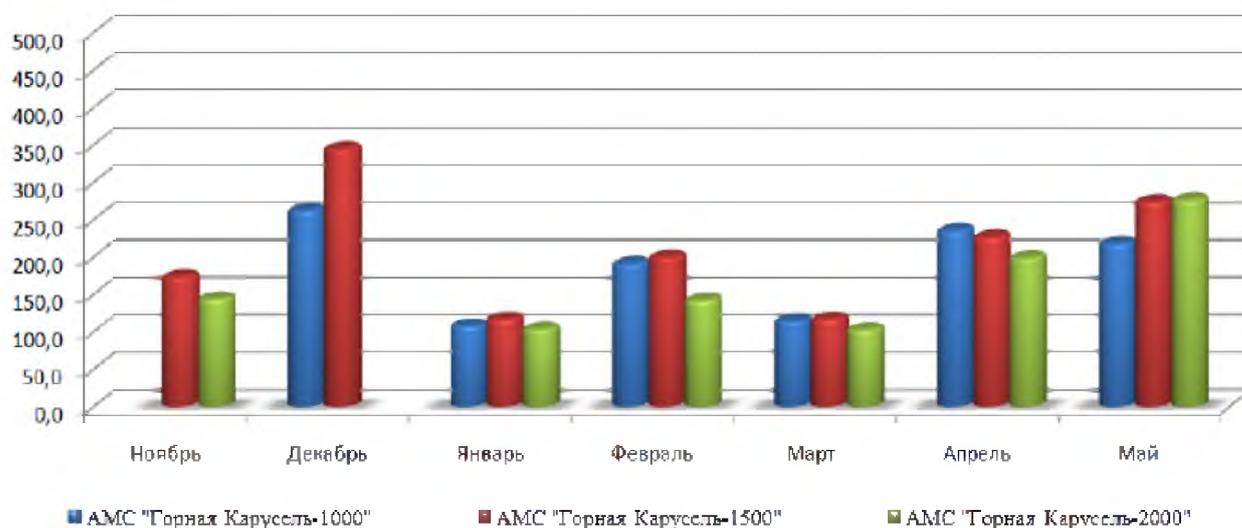


Рисунок 2.3 – Суммы осадков (мм) холодного периода 2016-2017 гг. по трем станциям

Как видно из рисунка 2.3, наибольшее количество осадков наблюдалось в декабре и мае. Январь и март отличался относительно ясной погодой. Территориально, минимум наблюдался на высоте 2000 м.

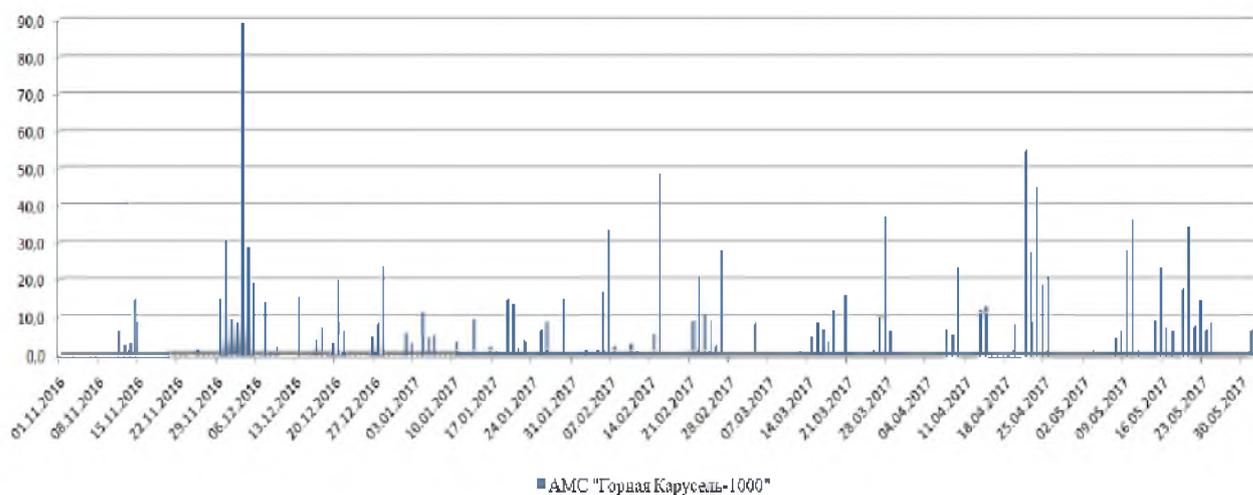


Рисунок 2.4 – Осадки (мм) холодного периода 2016-2017 гг. по данным АМС «Горная карусель–1000»

Из рисунка 2.4 видно, что максимум осадков пришелся на декабрь 2016 года

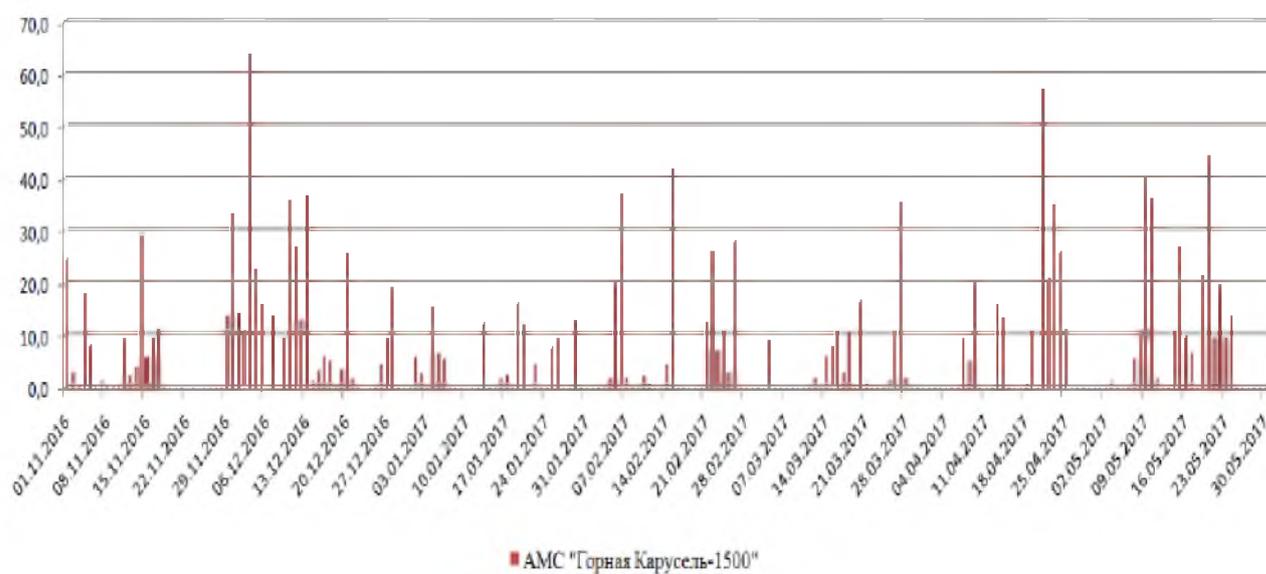


Рисунок 2.5 – Осадки (мм) холодного периода 2016-2017 гг. по данным АМС «Горная карусель–1500»

Из рисунка 2.5 видно, что максимум осадков на высоте 1500 м приходится на декабрь и на конец апреля.

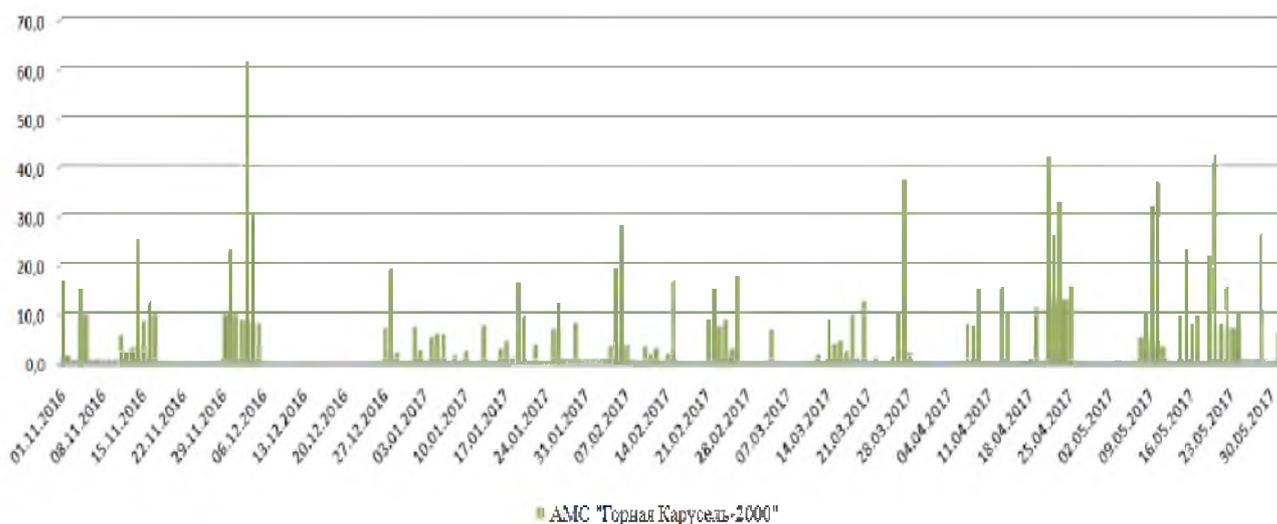


Рисунок 2.6 – Осадки (мм) холодного периода 2016-2017 гг. по данным АМС «Горная карусель–2000»

Из рисунка 2.6 видно, что на высоте 2000м наибольшее количество осадков приходится на декабрь, на те же дни, что и на высоте 1500 м., но несколько меньше. Ветровой режим, прежде всего, следует рассматривать как фактор, оказывающий влияние на перераспределение снега в лавиносборах с последующей локализацией лавинной опасности на отдельных участках [5, с.38]. Максимальные порывы ветра были зарегистрированы по данным АМС «Горная карусель–2000» 23 апреля 2017 г. – 26 м/с. При усилении ветра выше 6 м/с отмечался рост снежных карнизов во время снегопадов и метелей.

Максимальные порывы ветра по данным АМС «Горная карусель–2000» представлены на рисунке 2.7.

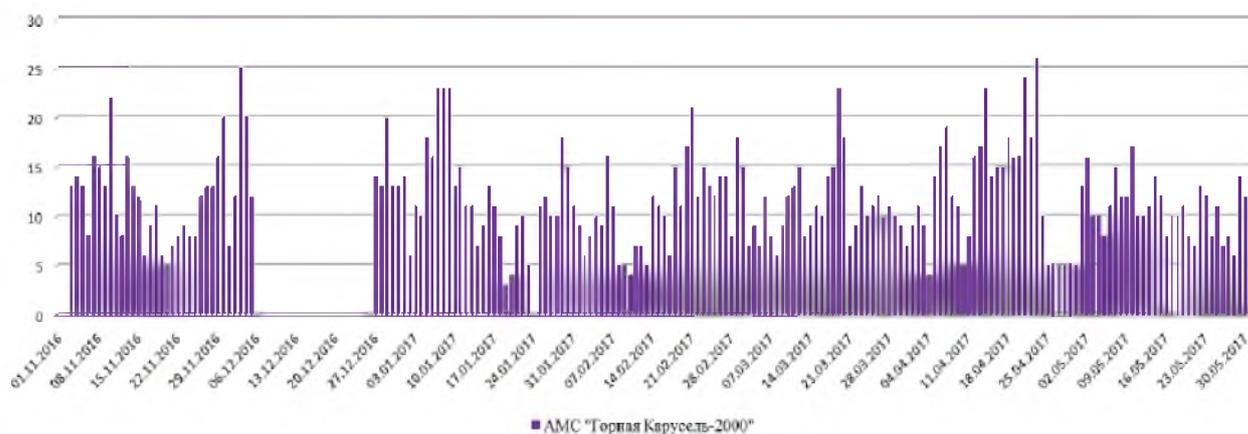


Рисунок 2.7 – Максимальные скорости ветра (м/с) по данным АМС «Горная карусель–2000» за холодный период 2016-2017 гг.

Как видно из рисунка 2.7, максимальные зафиксированные скорости ветра были в декабре и в конце апреля на высоте 2000 м.

В Цирке № 2 преобладающими являются направления ветра южной и восточной – северо-восточной четвертей. На рисунке 2.8 можно увидеть преобладающие направления ветра в период с ноября 2016 г. по май 2017 г.

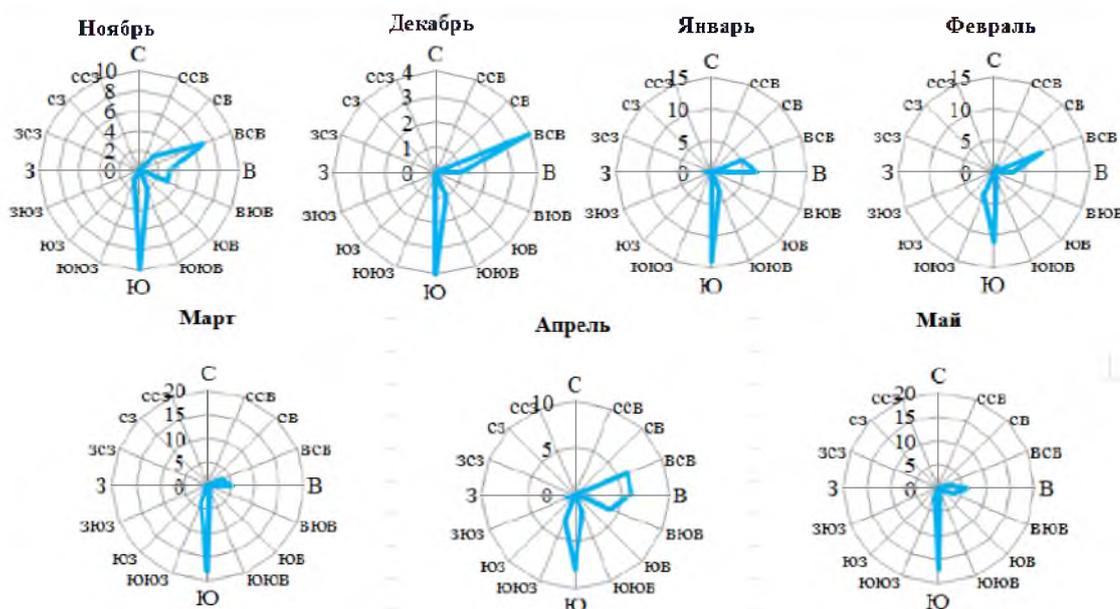


Рисунок 2.8 – Роза ветров холодного периода 2016-2017 гг. по данным АМС «Горная карусель–2000»

Судя по характеристике розы ветров по месяцам на высоте 2000 м, преобладающим оказались юго-восточное направление ветра.

2.2 Динамика снежного покрова за холодный период 2016–2017 годов

Высота снежного покрова. В лавиносборах, угрожающих территории СТК «Горная карусель» проводилась ежедневная снегомерная съёмка по 34–м установленным снегомерным рейкам. Результаты наблюдений заносились на бумажный носитель в книжку КС–4 и обрабатывались в электронном виде.

Особенности помесечной динамики снежного покрова на территории СТК «Горная карусель» отражает график высоты снежного покрова по данным дистанционных снегомерных реек №№ 2, 7 и 12, установленных в Центральном

секторе на высотной отметке 2000, 1500 и 1000 м н.у.м. соответственно (рисунок 2.9).

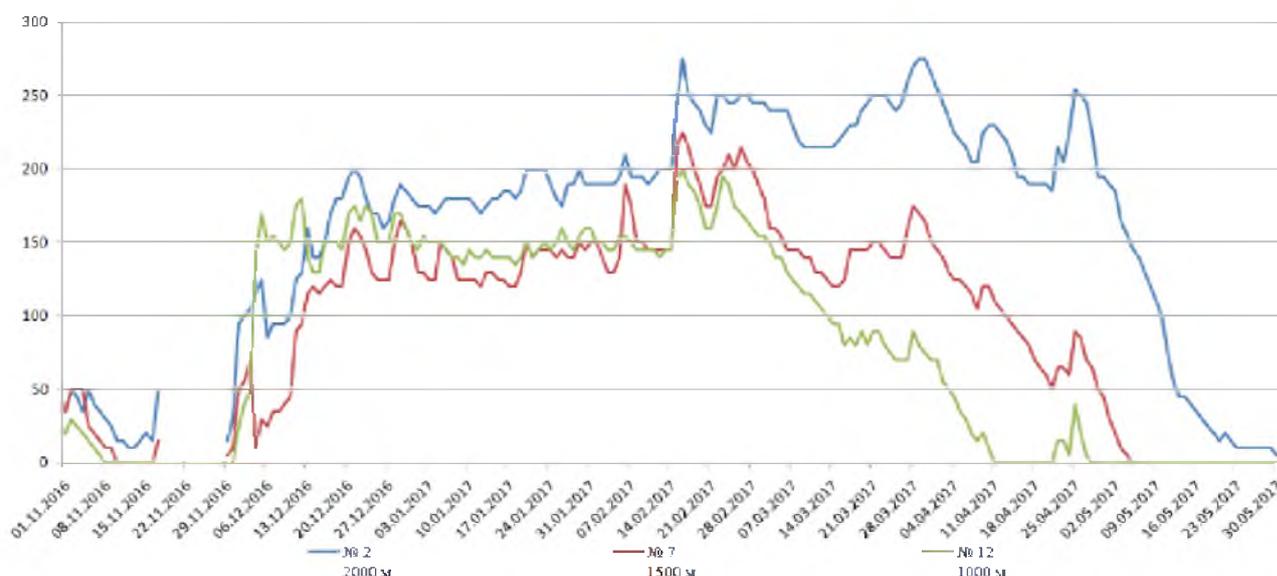


Рисунок 2.9 – Динамика развития снежного покрова по данным дистанционных реек №№ 2, 7 и 12 за холодный период 2016-2017 гг.

Как видно из рисунка 2.9, полученного автором в процессе исследования, с ноября по март наблюдается преимущественный рост снежного покрова, а далее прослеживается тенденция к уменьшению.

В таблице 2.5 приведены максимальные и минимальные значения высоты снега в пригребневой зоне по рейке № 2, установленной в Центральном секторе СТК «Горная карусель» на высоте 2000 м н.у.м.

Таблица 2.5 – Средние, максимальные и минимальные значения высоты снега по рейке № 2 за 2016-2017 годы.

Средние значения, см		Максимальные и минимальные значения, см	
Ноябрь	28	50	10
Декабрь	147	200	85
Январь	184	200	170
Февраль	221	275	190
Март	239	275	215
Апрель	216	255	185
Май	63	190	5

Данные о снегонакоплении по данной рейке в ноябре месяце сформированы с учетом отсутствия наблюдений с 18 по 28 ноября 2016 г. в

виду отсутствия доступа к рейке, в связи с проведением регламентных работ на канатной дороге.

Анализируя данные таблицы 2.5, можно констатировать, что относительно интенсивное выпадение снега здесь начинается в декабре когда в среднем за один месяц выпадает около 1,5 метров снега с дальнейшим заметным увеличением к марту до 2,4 метров, а с апреля наблюдается некоторый спад и т.д.

Максимальное снегонакопление за холодный период 2016-2017 гг. было отмечено в марте 2017 г., когда средняя высота снега составила 239 см, а максимальное значение по снегомерной рейке достигло 275 см.

Особенности ежедневной динамики снеговой линии на территории СТК «Горная карусель» отражены на рисунке 2.10.

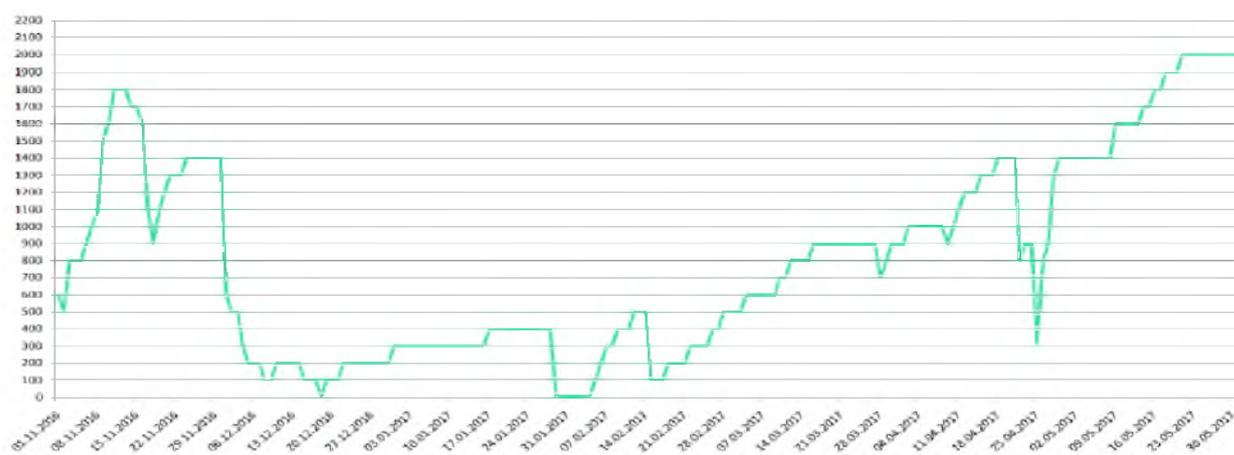


Рисунок 2.10 – Высота снеговой линии (м н.у.м.) за период 2016-2017 гг.

Как видно из рисунка 2.10, полученного автором в процессе исследования, в декабре были интенсивные снегопады, а в следующие месяцы прослеживается относительно равномерное увеличение снеговой линии.

Важным этапом характеристики снежного покрова и исследовании снежной толщи, является анализ стратиграфии и динамики, которые свидетельствует о первичных условиях формирования и дальнейшего развития толщи. При определенных условиях в ней возникают разрыхленные слои (ЛОС – лавиноопасный слой), нередко являющиеся причиной схода снежных лавин. Поэтому необходимо знать структурные особенности снежного покрова, на

основе которых составляются локальные лавинные прогнозы [10, с.12].

За исследуемый период было пройдено 180 шурфов. Стратиграфические наблюдения проводились на семи основных стационарных площадках расположенных на различных высотах, в лавиносборах на защищаемой территории, а так же на маршрутах, для установления локальных очагов лавинной опасности. Все стационарные площадки шурфования нанесены на карту фактического материала.

На рисунке 2.11 изображён стационарный шурф № 5–5.



Рисунок 2.11 – Стационарный шурф № 5–5 от 01.02.2017 г.

Как показано на рисунке 2.11, при изучении снежной толщи определялся характер контактов между слоями, стратиграфия, структура, влажность снега, размеры кристаллов, температура, плотность, твердость слоев.

Процессы метаморфизма снега влияют на его физические и механические свойства (плотность, твердость, пластичность и др.) [6, с.37]. При этом температурный режим является определяющим при трансформации снежной толщи. При более высоких температурах, типичных для района Красной Поляны, влажный свежевывпавший снег успевает уплотниться и лежит довольно прочно. В этом случае в снежной толще преобладают процессы деструктивного метаморфизма.

Также важную информацию о прочности снежных слоев и их предрасположенности стать лавиноопасными слоями давали проведения так называемых «блок–тестов» – искусственное создание дополнительной нагрузки на снежную поверхность. Подобные тесты позволяли увидеть взаимодействие слоев при увеличении нагрузки на снежную толщу. В перспективе в роли дополнительной нагрузки могли выступить предстоящий снегопад, или лыжник, вышедший на склон. В результате теста можно делать выводы о степени лавинной опасности [18, с.40].

Всего за исследуемый период на семи стационарных площадках пройдено 55 шурфа, и 125 маршрутных шурфов, по ним составлены колонки с полным описанием стратиграфии каждого слоя.

В декабре – январе в глубине снежного покрова наблюдался процесс конструктивного метаморфизма – рост кристаллов снега под действием сильного перепада температур. Данный процесс представляет наибольший интерес с точки зрения прогнозирования лавинной опасности.

Под влиянием сильного перепада температур происходит рост кристаллов в глубине, что может привести к образованию ЛОС – лавиноопасного слоя [16, с.21]. В последующем, под действием массы снега и уменьшившегося градиента температур, повсеместно произошло уплотнение всех слоев снега.

Помимо возможности образования ЛОС в нижних горизонтах снежной толщи, тщательно изучались и верхние слои последних снегопадов. Различный ветровой режим во время даже одного снегопада мог сформировать «слоеный пирог». Наибольший интерес с точки зрения повышения лавинной опасности представляли штилевые прослойки свежего снега, перекрытые затем плотными слоями метелевого снега (шурф маршрутный №7 от 03.12.2016 , слой № 3,6). Именно эти прослойки явились причиной самопроизвольного схода лавин № 5, № 6 и № 7 02.12 и 03.12.2016 г.

Обильные осадки в начале зимы привели к изменениям в глубинных процессах роста кристаллов. Сформировавшийся мощный снежный покров

изменил температурный режим снега – градиент температур в нижних слоях значительно уменьшился. Благодаря этому, в январе структура снежного покрова в нижних слоях развивалась по типу уплотнения. Под тяжестью вышележащих пластов кристаллы снега постепенно округлялись, уменьшался их размер. Эти процессы в лавиноведении носят название деструктивного метаморфизма [11, с.30]. В шурфах этого периода преобладающий тип кристаллов – класс округлых зерен. Плотность слоев снега росла со временем, это привело к увеличению прочности толщи снега, и как следствие – стабилизация всего снежного покрова в целом.

Существовавшая в декабре угроза схода лавин по ослабленным глубинной изморозью нижним горизонтам постепенно уменьшалась. Однако специалисты не переставали внимательно следить за накоплением слоев свежевывавшего снега. После каждого снегопада обязательно проводились тестирования снежного покрова на устойчивость. В угрожающих лавинных очагах и в репрезентативных местах проводились блок–тесты.

В конце зимы, а также в весенние месяцы в снежной толще протекали процессы регрессивного метаморфизма – упрочнение слоев, и переход кристаллов в формы таяния. Под действием давления снега, и температур в глубине, близких к 0°C , происходило формирование поликристаллов, имеющих большой размер (1-4 мм) и высокую плотность (рисунок 2.12).

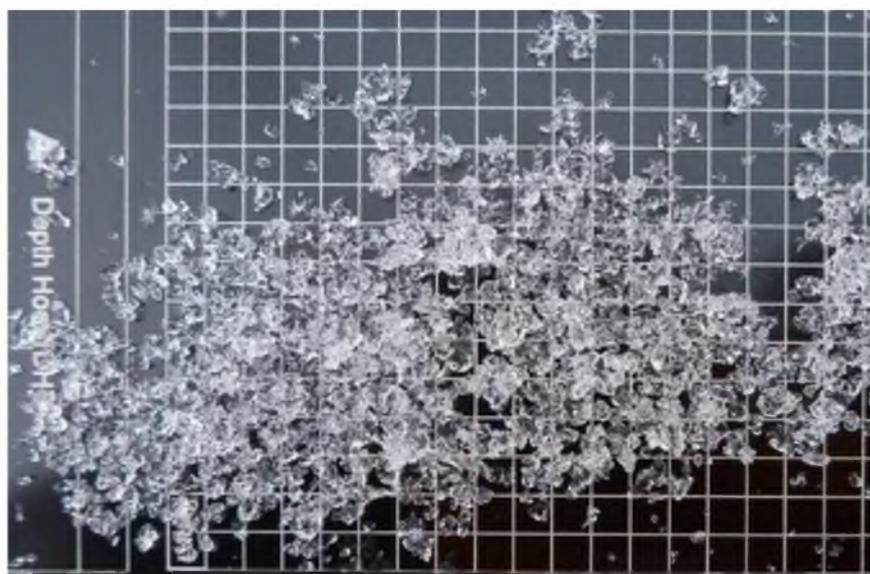


Рисунок 2.12 – Фасеточные кристаллы нижних слоев

Из-за понижения температуры воздуха, в слоях таяния периодически температура от 0° С опускалась на несколько градусов. Это приводило к образованию на разных уровнях корок таяния–замерзания. Такие корки, имея толщину от нескольких сантиметров до нескольких десятков сантиметров, способствовали стабилизации снежного покрова.

Почти весь апрель температурная инверсия, возникающая над поверхностью почвы, снега или льда, выхолаженными вследствие ночного излучения, называются радиационными.

Распространены также снежные, или весенние, инверсии, возникающие над поверхностью снега при положительных температурах воздуха и особенно ярко проявляющиеся в дневное время.

В свободной атмосфере инверсии возникают в основном благодаря термодинамическим процессам; играют важную роль в процессах обмена теплом, влагой, уменьшала температуру поверхности снега, создавая корку на его поверхности, что минимизировало риск схода мокрых лавин весной [9, с.17].

Таким образом, большая мощность снежного покрова, сильное ветровое уплотнение снега (рисунок 2.13), а также перепады температур в итоге минимизировали риск схода мокрых весенних лавин большого объема.



Рисунок 2.13 – Стационарный шурф № 5–5 от 01.03.2017 г.

На рисунке 2.13 показано характерное сильное уплотнение снежного покрова, что способствовало его стабилизации и уменьшению лавиноопасности в весенний период.

3 Лавиноопасные периоды зимнего сезона 2016-2017 годов

3.1 Лавиноопасные месяцы холодного периода 2016 -2017 годов

Декабрь. Период 1 – 6 декабря 2016 г. Соответствует штормовому предупреждению № 49, действовавшему с 18:00 01.12.2016 до 18:00 06.12.2016. Охарактеризовать этот период можно наличием двух обильных и интенсивных снегопадов и крупных самопроизвольно сошедших лавин.

Снегопад №6 с 29.11.2016, по 02.12.2016. По данным СЛП 1500 м н.у.м. продолжительность снегопада составила 66 час. 40 мин. Количество осадков в жидком эквиваленте составило 72,5 мм. Начало снегопада отмечено положительной температурой воздуха $2,6^{\circ}$ С с последующим понижением температуры до $-4,7^{\circ}$ С. Снег в начале снегопада выпадал мокрый, с понижением температуры воздуха, стал выпадать влажный, а затем сухой, преимущественно в виде звёзд, размером 1–3 мм.

В результате чего плотность снега колебалась от 0,11 до 0,14 г/см³, при полном отсутствии ветра. Всего выпало 92 см снега, прирост по суточной рейке от 0 см достиг 65 см. Во время этого снегопада проводились активные воздействия 01.12.2017. Было произведено 20 выстрелов, в условиях недостаточной видимости было зарегистрировано 3 лавины от АВ (№№ 1,2,3) общим объемом 23750 м³ и 2 самопроизвольно сошедшие лавины (№ 4,5) общим объемом 1700 м³.

Снегопад №7 с 03.12.2016 по 05.12.2016. По данным СЛП продолжительность снегопада составила 60 час. 50 мин. Количество осадков в жидком эквиваленте составило 107,0 мм. Колебание температур воздуха от $-3,8^{\circ}$ С до $-8,8^{\circ}$ С. Следует отметить сильный ветер на протяжении всего снегопада. Скорость ветра 10–15 м/с с порывами до 23 м/с и с преобладанием Ю, ЮВ направления, привело к значительным снегонакоплениям в лавиносборах С, СЗ экспозиций. Снег выпадал сухой, в виде звёзд и неправильных кристаллов размером 1-3 мм, снежной крупы размером 2-6 мм. Плотность свежавыпавшего снега колебалась от 0,05 до 0,23 г/см³. Всего

выпало 136 см снега (по срочной рейке). По суточной рейке за снегопад наблюдался прирост всего 5 см, так как на протяжении всего снегопада дул сильный ветер.

По данным МП СЛП в этот лавиноопасный период произошло значительное снегонакопление за короткое время от 0 см до 67 см по суточной и 92 см по срочной рейке. Первый снегопад начался при положительной температуре воздуха $2,6^{\circ}\text{C}$, с мокрых и влажных осадков в виде снега. Далее наблюдается понижение температуры воздуха с переходом через 0°C до $-8,8^{\circ}\text{C}$, благодаря такому температурному режиму на подстилающей поверхности образовалась ледяная подложка, на которой и произошло основное снегонакопление.

Так же следует учесть, что один из слоёв снега образован из кристаллов «снежная крупа» в виде твёрдых шариков, которые имеют очень слабое сцепление со слоем, на который ложатся. Ю, ЮВ ветер силой 10-15 м/с и с порывами до 23 м/с осуществлял значительный перенос снега и формирование плотных (от $0,28$ до $0,32$ г/см³), тяжёлых слоёв снега, в лавинных очагах. Активные воздействия производились 5 раз во время этого снегопада. В условиях недостаточной видимости удалось зарегистрировать 3 лавины от АВ №№ 7,8 и 9.

Самая крупная – №7, сошедшая в результате АВ по северо-западной экспозиции лавиносбора AN2h, с линией отрыва от 2100 м н.у.м. и зоной отложения до 1000 м н.у.м. и объемом 40000 м³. Площадь конуса выноса составила 20000 м², а толщина в зоне отложения 2 м. Также была зарегистрирована 1 самопроизвольно сошедшая лавина № 6 объемом 2500 м³.

Период 10–14 декабря 2016 г. Снегонакопление и образование лавин в данном периоде вызвано снегопадом №9, продолжавшимся с 09.12.2016 г. по 13.12.2016 г. За время снегопада прирост снега составил 154 см (по срочной рейке), а прирост по суточной рейке от 72 см достиг 149 см на СЛП. Количество осадков в жидком эквиваленте – 110,3 мм. Температура воздуха повышалась: от $-8,4^{\circ}\text{C}$ до $-0,1^{\circ}\text{C}$. В первой половине снегопада сухие осадки

чередовались с влажными, но с 9:00 11 декабря и до окончания снегопада осадки выпадали только влажные. 10, 11 и 13 декабря 2016 г проводились АВ при помощи системы GAZ.EX.

В данном периоде зарегистрированы 12 лавин от АВ (№№10–21) общим объемом 61250 м³. Во время активных воздействий 11 декабря 2017 г. в лавинном очаге AN2i1 сошла лавина №16 с линией отрыва 1950 м н.у.м. и зоной отложения до 1390 м н.у.м., объемом 2000 м³. Площадь конуса выноса составила 4000 м², толщина в зоне отложения 0,5 м. На абсолютной отметке 1550м н.у.м., лавина прошла рядом со снегоудерживающими сетями и повредила ограждение водоема системы искусственного оснежения (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Лавина № 16 от 11.12.2016 г.

Период 20–21 декабря 2016 г. Соответствует штормовому предупреждению № 57. Ему предшествовал снегопад № 10, с 16 по 17 декабря 2016 г., продолжительностью 37,2 часов. За указанный промежуток прирост снега по срочной рейке на СЛП составил 31 см, прирост по суточной рейке – от 123 до 134 см. Общее количество осадков в жидком эквиваленте – 11,0 мм. Снег выпадал сухой, тип кристаллов «звезды». Затем был зарегистрирован снегопад № 11, продлившийся 46,0 часов, с 19 по 21 декабря 2016 г. Прирост снега за время снегопада составил 81 см по срочной рейке, по суточной рейке

на СЛП – от 121 до 164 см. В жидком эквиваленте выпало 26,1 мм осадков.

20 декабря проводились АВ при помощи системы «GAZ.EX». В условиях отсутствия видимости обследовать лавины не удалось. 21 декабря была зарегистрирована 1 самопроизвольно сошедшая лавина №22 объемом 2500 м³.

Период 27 декабря 2016 г. – 20 января 2017 г. Во время данного периода штормовые предупреждения отсутствовали, данный период характеризуется снегопадами малой интенсивности и продолжительности. Следует отметить 2 снегопада: 1–ый снегопад №13 с 27–29.12.2016 г. продолжительностью 30,4 часов. Прирост снега по срочной рейке на СЛП составил 45 см, прирост по суточной рейке – от 129 до 156 см. Общее количество осадков в жидком эквиваленте – 28,8 мм.

Проводились активные воздействия 28.12.2016. В условиях отсутствия видимости обследовать лавины не удалось. 2–ой снегопад №21 18–20.01.2017 г. продолжительностью 32,3 часов. Прирост снега по срочной рейке на СЛП составил 38 см, прирост по суточной рейке – от 124 до 156 см. Общее количество осадков в жидком эквиваленте – 26,9 мм 20.01.2017г. проводились АВ GAZ.EX.

В условиях недостаточной видимости обследовать лавины не удалось. За период с 20 по 30 января было зарегистрировано 7 лавин средних объемов (№№ 22–28), от 1500 до 10000 м³, как самопроизвольных, так и в результате проведения работ по ПСЛ системой GAZ.EX.

Период 29–30 января 2017 г. С 29 по 30 января 2017 г. действовало штормовое предупреждение №1, ему предшествовали два снегопада № 23 и 24. Снегопад №23 начался 25 января 2017 г., окончился 26 января 2017 г. За 40,0 часов снегопада выпало суммарно 32 см снега по срочной рейке, прирост по суточной рейке на СЛП – с 138 до 154 см. Количество осадков в жидком эквиваленте составило 17,3 мм. Снег отличался полиморфизмом, температура имела тенденцию к понижению.

Снегопад №24 начался 28 января 2017 г. и продолжался 17,30 часов. Прирост снега составил 24 см, количество осадков – 16,1 мм. Прирост по

суточной рейке на СЛП с 142 до 164 см. Температура воздуха понизилась до $-11,2^{\circ}$ С на СЛП.

29 января проводились АВ GAZ.EX. В условиях отсутствия видимости обследовать лавины не удалось. 30 января была зарегистрирована 1 самопроизвольно сошедшая лавина №29. Объем лавины 2250 м³, ущерба от лавины нет.

Период 06–07 февраля 2017 г. Соответствует штормовому предупреждению №6, действовавшему с 05 по 07 февраля 2017 года. Этому периоду соотносится снегопад №25, продолжавшийся 62,50 часов, с 04 февраля 2017 г. по 07 февраля 2017 г. Количество выпавших осадков в жидком эквиваленте составило 60,8 мм. Всего выпало 72 см снега по срочной рейке, прирост по суточной рейке на СЛП – от 141 см до 204 см. Характерной особенностью являлось выпадение влажного снега. Штиль чередовался со слабым ветром, температура воздуха относительно высокая, от $-2,4$ до $1,9^{\circ}$ С.

Было зарегистрировано 10 лавин: самопроизвольно сошедшие №№30,31, объемом 36000 и 20000 м³ соответственно, и 8 лавин №№ 32–39 в результате АВ от 6000 до 43200 м³. Наиболее крупная лавина № 36 объемом 43200 м³, сошедшая на северной экспозиции лавинного очага AN3b. Высота зоны зарождения 2250 м н.у.м., зоны отложения – 1900 м н.у.м. Площадь конуса выноса – 36 000 м². Ущерб нет.

Период 15–27 февраля 2017г., характеризуется наибольшим количеством зарегистрированных лавин 22 шт, общим объемом 199300 м³. В этот период действовало три штормовых предупреждения: №8 (15–16.02.2017 г.), №10 (22–24.02.2017 г.) и №13 (26–27.02.2017 г.).

Накоплению значительных снежных масс способствовали два крупных снегопада. Первый снегопад, № 27, начался 14.02.2017 г. и продолжался 35,10 часа, до 15.02.2017 г. Общий прирост снега составил 106 см по срочной рейке, прирост по суточной рейке на СЛП – от 154 до 234 см. Количество осадков в жидком эквиваленте составило 46,2 мм. Осадки выпадали в виде сухого снега при низкой температуре, не выше $-6,9^{\circ}$ С. Второй снегопад, № 28, начался

21.02.2017 г. и продолжался 35,40 часа. За время снегопада общий прирост снега составил 78 см срочной рейке, прирост по суточной рейке на СЛП – от 152 до 206 см. Количество осадков – 38,1 мм.

23 февраля было зарегистрировано 7 лавин №№41–47 общим объемом 64000 м³, 2 из них самопроизвольно сошедшие (рисунок 3.2). Наиболее значительная лавина № 41, сошедшая в результате АВ по северо-западной экспозиции лавинного очага AN3f. Объем лавины – 25 000 м³. Высота зоны зарождения 2300 м н.у.м., зоны отложения 1800 м н.у.м. Толщина тела лавины в зоне отложения 0,5 м, площадь конуса выноса 3750 м².



Рисунок 3.2 – Лавины №№55–58 в лавиносборе AN3е от 26.02.2017 г.

26 февраля 2017 г. зарегистрировано 14 лавин, объем которых также был значительным –126300 м³. Было зарегистрировано 2 самопроизвольно сошедшие лавины №№ 46–47 и 13 в результате проведения АВ №№53–61 (рисунок 3.3). Самая крупная лавина из них №48, сошедшая самопроизвольно в лавиносборе AN2е вне зоны ответственности СЛЮ. Высота зоны зарождения 2050 м н.у.м., зоны отложения 1500 м н.у.м. Толщина тела лавины в зоне отложения 2,0 м, площадь конуса выноса 17500 м². Объем лавины 35000 м³. Ущерб от лавин в этот период нет.



Рисунок 3.3 – Лавина № 51 от 26.02.2017 г.

Март. Период 03–08 марта 2017 г. отличался преимущественно ясной погодой, отсутствием осадков. По наблюдениям в стационарных и маршрутных шурфах этого периода форма кристаллов изменялась под влиянием положительной температуры воздуха. Снег изменялся и метоморфизировался в округлые поликристаллы по всей высоте шурфа, как пример шурф стационарный № 7–3 (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Округлые поликристаллы в стационарном шурфе № 7–3

Связи между кристаллами и слоями снега ослаблялись, плотность в слоях увеличивалась. За этот период был отмечен самопроизвольный сход четырех инсоляционных лавин №№ 62–65, суммарным объемом 9455 м³; самая крупная из лавин, № 65, сошла 8 марта, в лавинном очаге АНЗс1, перепад высот составил 2150–2000 м н.у.м., объем лавины – 8000 м³. Ущерба от лавин нет.

Представленная на рисунке 3.5 самопроизвольно сошедшая лавина № 62, сошла на трассу 11Н 03.03.2017 г. в результате резкого потепления. Эта лавина небольшого объема 1000 м³ адвекционного генезиса, перепад высот составил 1600–1400 м. н.у.м. и площадь конуса выноса лавины составила 3000 м².

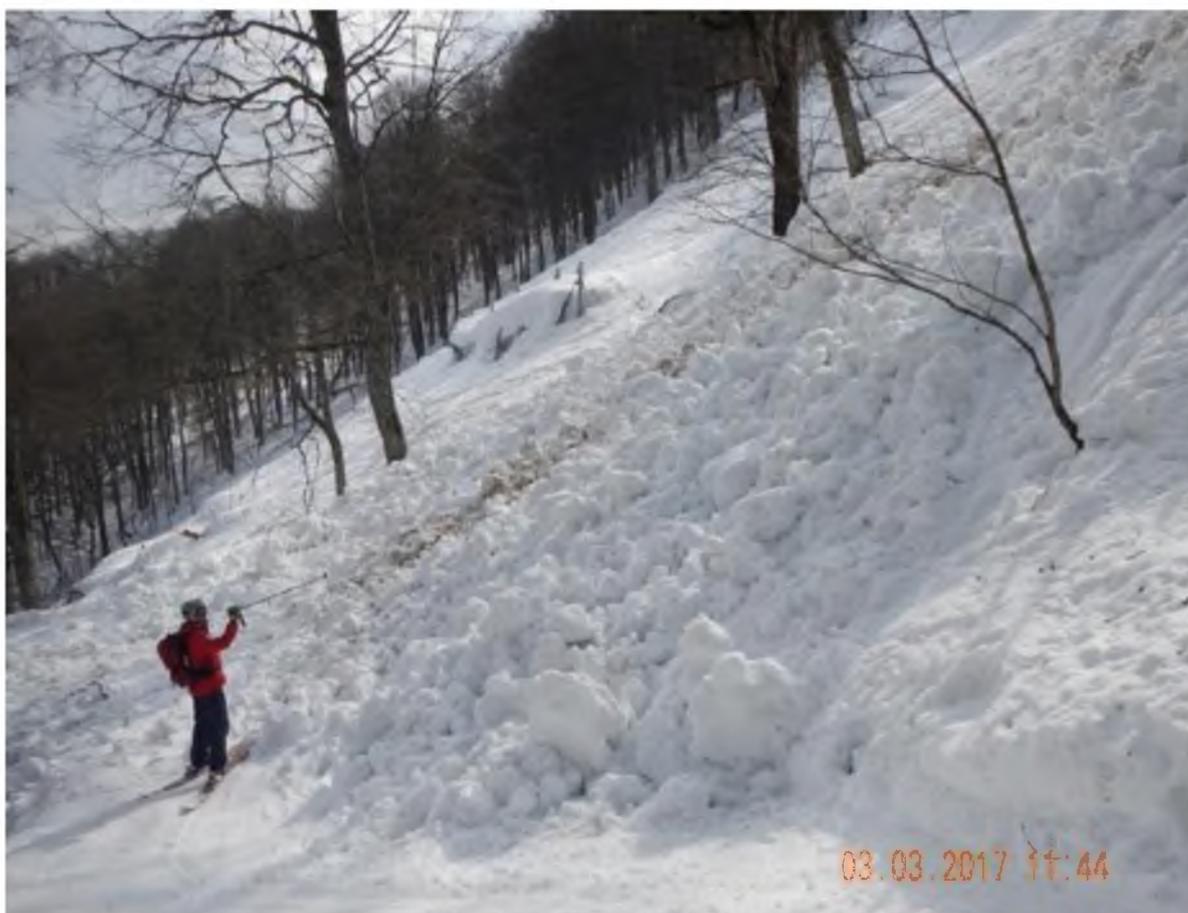


Рисунок 3.5 – Лавина № 62

Временной отрезок с 03 по 20 марта 2017 характеризуется редким выпадением осадков в виде снега, маловетреной погодой и температурой воздуха от 3,3⁰ С в начале периода до –3,7⁰ С в конце. Потепление в этот отрезок времени повлекло обрушение бортов Центрального (рисунок 3.6) и Восточного секторов (рисунок 3.7).

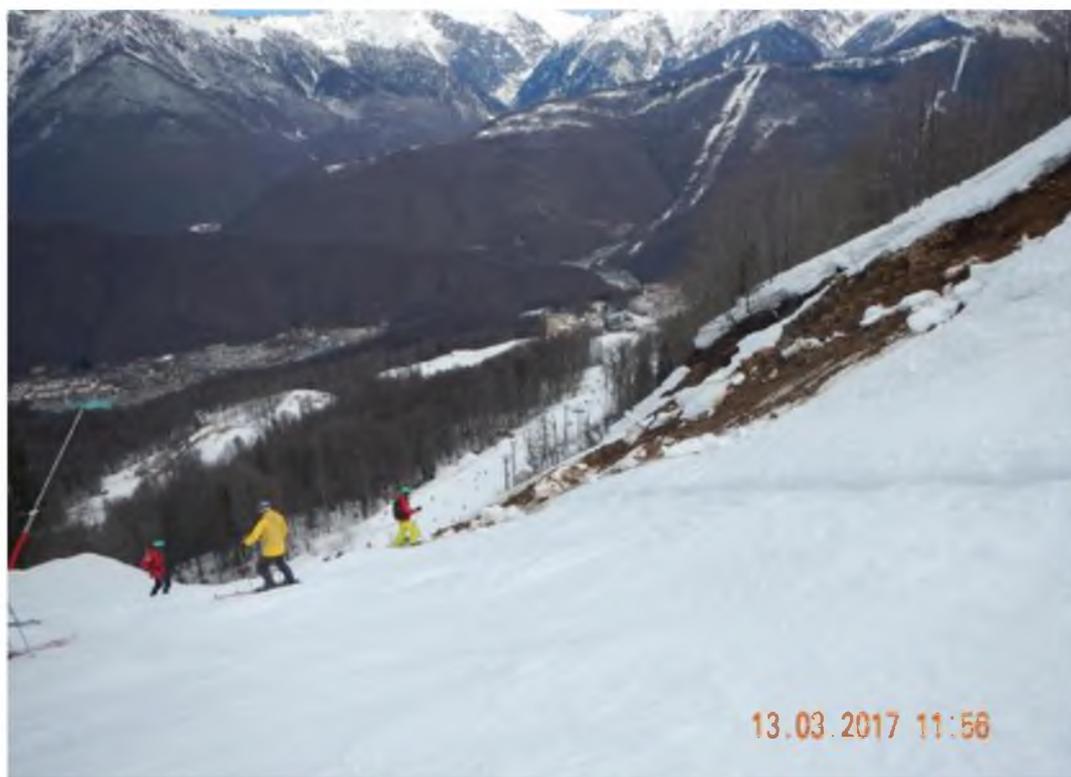


Рисунок 3.6 – Обрушение борта Центрального сектора Н – 1250 м н.у.м.



Рисунок 3.7 – Обрушение борта Восточного сектора сектора Н – 1550 м н.у.м.

Период 25–28 марта 2017 г. Значимый по продолжительности и объему

выпавших осадков снегопад № 37 длился 50,0 часа, с 25 марта по 28 марта 2017 года. Прирост снега составил 64 см; 49,6 мм в жидком эквиваленте. Прирост по суточной рейке составил от 174 до 215 см. Температура воздуха колебалась от 1,5 до $-3,2^{\circ}$ С.

Снег выпадал влажный, с полиморфными, преимущественно неправильными кристаллами. Штормовое предупреждение № 16 действовало с 27 по 28 марта. 27 марта проводились АВ при помощи системы «GAZ.EX». В условиях отсутствия видимости обследовать лавины не удалось. В данный лавиноопасный период было зарегистрировано 2 самопроизвольно сошедшие лавины №№73,74 общим объемом 4200м³. Ущерба от лавин нет.

Период 08–10 апреля 2017 г., полностью соотносится со штормовым предупреждением №17. За данное время был отмечен один снегопад № 38, продолжавшийся 19,40 часов, с 08 апреля 2017 г. по 09 апреля 2017 г. Начало снегопада отмечено плюсовой температурой, незначительным ветром и дождем, к концу снегопада температура воздуха понизилась до $-2,0^{\circ}$ С, ветер отсутствовал.

Прирост снега составил 15 см по срочной рейке на СЛП, по суточной рейке от 135 см. до 149 см. Общее количество осадков в жидком эквиваленте – 30,3 мм. В этом периоде зарегистрировано 4 самопроизвольные лавины №№78–81, общим объемом 8250 м³. Самая крупная из них №81, сошла в лавиносборе AN4c1, ее объем составил 3200 м³.

Перепад высот 2250–1850 м н.у.м. Во время снегопада по срочной рейке было зафиксировано выпадение всего 15 см снега, было принято решение активные воздействия не проводить, в связи с недостаточным снегонакоплением.

Период 13–25 апреля 2017г сопровождался штормовыми предупреждениями №№18 и 19. Из погодных явлений – 13 апреля в 19:10 начался дождь, продолжавшийся до 19:30 14 апреля. Вследствие потепления наблюдалось таяние снега, проникновение воды в нижележащие слои снежного покрова, что вызывало уменьшение сцепления снежных слоев между собой и

подстилающей поверхностью, и спровоцировало обрушение бортов трасс, Центрального и Восточного секторов.

Значительные снегопады были отмечены 21–25 апреля. Снегопад № 41 начался 21 апреля 2017 г. и продолжался 28,20 часа. За это время общий приrost снега составил 44 см, приrost по суточной рейке – от 95 до 133 см. Количество осадков составило 78,0 мм.

Начало снегопада характеризовалось положительной температурой $5,5^{\circ}\text{C}$, ветром 2–6 м/с и дождем. К моменту окончания снегопада температура воздуха понизилась до $-3,1^{\circ}\text{C}$, отмечалось уменьшение силы ветра вплоть до полного штиля. 23 апреля в 15:30 начался снегопад №42, продолжительностью 39,30 часа. За время снегопада приrost снега составил 69 см, приrost по суточной рейке – от 105 до 142 см, количество осадков в жидком эквиваленте – 95,4 мм.

Почти весь апрель наблюдалась температурная инверсия, (возникающая над поверхностью почвы, снега или льда, вызванная ночными выхолаживаниями поверхности) она создавала ледяную корку на поверхности, на которую во время снегопадов №№ 41,42 ложился свежевыпавший снег. Вследствие этого за период с 13 по 25 апреля было зарегистрировано 15 лавин №№ 83–97, в большинстве своем средних объемов. Все лавины были самопроизвольно сошедшие.

Суммарный объем лавин составил 98450 м³. Наиболее значительная лавина № 89, сошла 18 апреля 2017 г. в лавинном очаге АН3а2. Объем лавины составил 6300 м³.

Высота зоны зарождения 1900 м н.у.м., зоны отложения 1400 м н.у.м. Толщина тела лавины в зоне отложения 1,2 м, площадь конуса выноса 5250 м². Ущерб от лавин нет.

Период 30.04 апреля – 11 мая 2017 г. Характеризуется ясной погодой, с положительной температурой воздуха. Только в конце данного периода начались осадки в виде дождя №43. В этот период действовало штормовое предупреждение № 20. Была зарегистрирована 21 самопроизвольно сошедшая

лавина №№98–118 (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Лавина № 102 от 30.04.2017 г.

Все эти лавины инсоляционного и адвекционного генеза, средних размеров, общим объемом 46300м³.

3.2 Противолавинные мероприятия

В виду отсутствия единого кадастра лавин района, позволяющего работать в масштабе 1:5000, в котором построена карта фактического материала, разрозненности информации и использования различными авторами собственной системы идентификации лавиносборов, в 2010 г. при изысканиях для строительства во 2–ом и 3–ем цирках СТК «Горная карусель», ООО «Инжзащита» разработала и предложила к использованию систему идентификации лавиносборов района Красной Поляны [1, с.12]. Специалистами снеголавинного отряда ФГБУ «СЦГМС ЧАМ» принята эта идентификация (с некоторыми поправками), как наиболее приемлемая из существующих. Нумерация лавиносборов выполнена по бассейновому принципу, шифр–наименование лавиносбора состоит из:

1. Буквенных обозначений на английском языке, в сокращённом виде и

порядкового номера лавинного бассейна, характеризующих географическую принадлежность лавиносборов и преобладающую ориентацию макросклона;

2. Буквенных обозначений – идентификатора лавиносбора в составе лавинного бассейна.
3. Числового обозначения – идентификатора номера лавинного очага в составе лавиносбора.
4. Числового обозначения – идентификатора номера камеры в составе очага (указывается через тире) [21, с.113].

Например, шифр «AN 2i1–3» («AibgaNorth 2i1–3») означает: «Камера №3 очага №1 лавиносбора «i», лавинного бассейна №2, расположенного на северном склоне хр. Аибга».

Порядковые номера лавинных бассейнов, лавиносборов, очагов и камер различной экспозиции, считаются с запада на восток. Нумерация на хр. Аибга начинается с бассейна р. Фермерский, расположенного в северо–западной оконечности хребта и продолжается в направлении Турьих гор.

С 2011 г. эта система идентификации применяется при мониторинге снежных лавин на ГКК «Альпика–сервис». Регистрация лавин на СТК «Горная карусель» по данной системе начата с середины марта 2013 г. До этого территориальная привязка регистрируемых лавин осуществлялась по старой, менее детальной схеме.

Все лавиносборы, лавинные очаги в составе лавиносборов и камеры в составе лавинных очагов на обслуживаемой территории нанесены на карту фактического материала М:5000.

В условиях зимы 2016–2017 гг. безопасность от снежных лавин территории СТК «Горная карусель» обеспечивалась проведением следующего комплекса мероприятий:

1. Организационные мероприятия, прогноз и мониторинг лавинной обстановки.

Снеголавинный отряд ФГБУ «СЦГМС ЧАМ» обеспечивал

круглосуточное присутствие на объекте своих специалистов. Осуществлялся постоянный мониторинг лавинной обстановки и ежедневно составлялся прогноз лавинной опасности, также давались рекомендации для работы эксплуатационных служб.

2. Предупредительный спуск снежных лавин с использованием противолавинной системы «GAZ.EX» [25, с.26].

В зимнем сезоне 2016–2017 гг. на территории СТК «Горная карусель» предупредительный спуск лавин производился при помощи 38 установок системы «GAZ.EX». Данные установки были способны производить обрушения снежных лавин в любое время суток из наиболее опасных лавиносборов.

В результате активных воздействий при помощи системы «GAZ.EX» было зарегистрировано 48 лавин общим объёмом 435 475 м³. В целом системы «GAZ.EX» показали высокий уровень эффективности на курорте.

В таблице 3.1 приведены данные о проведённых активных воздействиях в зимнем сезоне 2016–2017 гг.

Таблица 3.1 – Характеристика проведённых активных воздействий в зонах зарождения лавин за холодный период 2016-2017 гг.

Месяц	Количество дней с АВ	Количество Выстрелов	Количество лавин	Суммарный объём лавин, м ³
Декабрь	11	207	16	125650
Январь	2	26	6	28500
Февраль	6	111	26	281325
Март	1	22	0	0
Апрель	3	48	0	0
Итого	23	826	48	435475

Как видно из таблицы 3.1, первые активные воздействия на территории СТК «Горная карусель» были проведены 1 декабря 2016 г., а последние – 25 апреля 2017 г. В общей сложности, на обслуживаемой и прилегающей территориях было зарегистрировано всего 123 лавин общим объёмом 928 950 м³. Из них 48 лавин сошли в результате проведения АВ при помощи системы «GAZ.EX», суммарный объём которых составил 435 475 м³.

На основе составленных таблиц построены графики зависимости

метеорологических и снеголавинных параметров. Весь массив информации за холодный период 2016–2017 гг. обработан и представлен в виде среднесуточных и экстремальных показателей. Полученные материалы позволили дать климатическую характеристику холодного периода 2016-2017 гг.

В Цирке № 3 существует лавинная угроза нижней станции КД № 6 и всей КД № 7. КД №7 по причине лавинной опасности не эксплуатируется. Существующая инженерная защита неспособна в полной мере обезопасить объекты инфраструктуры третьего цирка. Проведение предупредительного спуска лавин установками «GAZ.EX» дает положительный результат, существенно уменьшая вероятность образования неконтролируемого схода угрожающих курорту лавин. При этом, существующая противолавинная система предупредительного спуска снежных лавин состоящая из 38 эксплодеров «GAZ.EX» не является достаточной для обеспечения полного контроля лавинной обстановки на территории СТК «Горная карусель». На курорте есть зоны, не охваченные ПСЛ из систем «GAZ.EX» или другими противолавинными системами. Данное обстоятельство должно учитываться в предстоящие зимние сезоны [21, с.96].

Плохо укрепленные борта ГЛТ Центрального и Восточного секторов, на высотных отметках от 1100 до 1800 м н.у.м. – давняя проблема курорта. Весной, во время активного снеготаяния, вместе со старым слежавшимся снегом, с бортов на трассы вываливаются гравий и глыбы диаметром до 1 м. Также, сходят оползни и грязекаменные потоки малых объемов, вместе с которыми сползают и деревья.

Необходимо учесть следующие рекомендации. Особое внимание следует обратить на трассы 4Н и 11Н Восточного сектора. Эксплуатация данной территории в весенний период становится практически невозможной.

В Центральном секторе в лавинном очаге AN2i1 необходимо увеличить количество снегоудерживающих сетей. Данная мера минимизирует угрозу схода лавин на водоемы системы искусственного оснежения, но не решает её

полностью. Также в лавинном очаге AN3h4 Восточного сектора рекомендуется добавить высоту и увеличить количество снегоудерживающих сетей. Данная мера также минимизирует, но не решает полностью угрозу схода лавин на трассу 11Н на высоте 1400 м.н.у.м.

Необходимо обратить внимание на камеру AN3c1–5, которая не обрабатывается системой предупредительного спуска снежных лавин «GAZ.EX», и в которой отсутствуют системы инженерной защиты от лавин. Так, 20.03.2016 г. в этой камере, нарушив правила безопасности на горнолыжном курорте, покинув пределы маркированной трассы, в лавину попал сноубордист. Благодаря слаженным и своевременным действиям всех служб СТК «Горная карусель», сноубордист, попавший в лавину, был обнаружен на глубине двух метров под снегом и спасён. Также, из этой камеры существует угроза схода лавин малых объёмов на трассу № 44. В связи с этим, ранее, по итогам сезона 2015–16 гг. было рекомендовано, в этой камере, создать систему инженерной защиты от лавин, чтобы в будущем избежать повторения критических ситуаций.

Важной задачей снеголавинного отряда в истекший зимний сезон было обеспечение мониторинга снеголавинной обстановки на всех высотных зонах. На протяжении зимы снеголавинный отряд ФГБУ «СЦГМС ЧАМ» отслеживал динамику условий лавинообразования на территории своей ответственности. Лавинную деятельность на территории СТК «Горная карусель» отражают 12 представленных ниже лавиноопасных периодов.

Заключение

Район поселка Красная Поляна входит в состав Краснодарского Причерноморья и относится к горной зоне Большого Кавказа. Главный Кавказский хребет – основной компонент этой зоны. В сущности, он представлен цепью гор, которая простирается на 1100 км с северо-запада на юго-восток, от Черного моря к Каспийскому.

Разнообразие и сложность рельефа, наличие незамерзающего Черного моря и отрогов Большого Кавказского хребта, значительные колебания высот в сочетании с сезонными особенностями циркуляции атмосферы создают большое разнообразие в температурном режиме территории.

Согласно климатической классификации, район Красной Поляны относится к субтропической черноморской области с избыточным характером увлажнения.

Увлажненность в северо-западной части черноморской области составляет 1000 мм в год, в юго-восточных районах на побережье и у подножия склонов возрастает до 1500–2000 мм, и, наконец, в горах достигает 3800 мм.

Раннее залегание снега с ноября и его накопление из-за обилия осадков, создают устойчивый снежный покров. Высота снега от 1000 м над уровнем моря в январе, феврале в среднем составляет 50 см, от 1500 до 2500 м над уровнем моря 350–390 см, на подветренной северной стороне склонов до 4–5 метров.

Исходя из проведенного анализа следуют выводы:

1. Среднемесячная температура холодного периода на трех станциях варьирует от $-0,3^{\circ}\text{C}$ до $-6,7^{\circ}\text{C}$, при этом происходит заметное понижение ее с высотой. Самым холодный месяц - январь, с максимальным минимумом на высоте 2000м минус $18,9^{\circ}\text{C}$, против минус 2,7 на высоте 1500 м и $-0,8$ на высоте 1000м соответственно.

2. За холодный период 2016-2017 гг., продолжительность осадков составила 127 дней, больше всего их выпало на высоте 1500 м и составило

1452,1 мм, и следующим в этом ряду оказалась высота 1000 м – 1128,7 мм, а на высоте 2000 м всего 966,0 мм, т.е. с высотой оно уменьшилось.

3. Анализ распределения осадков по месяцам показал, что больше всего осадков выпало в декабре 344,6 мм – 1500 м, и 262,2 мм – 1000 м, затем в апреле и мае, когда наблюдаются активные движения в атмосфере связанные с перемещением холодных фронтов с севера и теплых с юга морского побережья и т.д.

4. Среднемесячные значения относительной влажности воздуха изменялись от 59 до 86 %, а самые большие значения среднемесячных показателей фиксировались преимущественно в декабре и в мае. С высотой, относительная влажность воздуха понижалась и в среднем за холодный исследуемый период составил 68 %.

5. Преобладающими направлениями, оказались ветры южной четверти, так на высоте 2000 м с ноября 2016 по май 2017 г. преобладали направления ветра Ю и ВСВ направлений. На протяжении всего исследуемого периода скорость ветра была выше 5 м/с, максимальный порыв ветра – 26 м/с был зарегистрирован 23 апреля 2017 г. Наиболее ветреные месяцы были декабрь, январь и апрель, что способствовало сильному снегонакоплению в зоне отрыва лавин и формированию снежных карнизов.

6. Анализ динамики снежного покрова установил, что с ноября по март наблюдается преимущественный рост снежного покрова, а далее прослеживается тенденция к уменьшению. Интенсивными снегопадами, отличался декабрь, а начиная со второй половины января, относительно равномерное увеличение снеговой линии. повысило уровень лавиноопасности.

7. За исследуемый период на обслуживаемой и прилегающей территориях было зарегистрировано – 123 лавины общим объемом 928 950 м³. Из них 48 лавин сошли в результате проведения активных воздействий при помощи системы «GAZ.EX», суммарный объем составил 435 475 м³.

8. Для прогнозирования лавин необходимо учитывать не только текущие метеорологические условия, но и характеристики всего комплекса данных за

период зимнего сезона. Повышение уровня лавиноопасности обуславливают: резкие перепады зимних температур, увеличение относительной влажности воздуха, количества осадков и особенно продолжительных по времени, усилении ветрового режима.

Рекомендации и предложения:

1. Проведение предупредительного спуска лавин установками «GAZ.EX» дает положительный результат, существенно уменьшая вероятность образования неконтролируемого схода угрожающих курорту лавин, но не является достаточной для обеспечения полного контроля лавинной обстановки на территории СТК «Горная карусель».

2. Учитывая многолетний опыт по прогнозированию лавиноопасности, рекомендуется продолжение и усиление ежедневного контроля за всеми параметрами метеорологических условий, каждая из которых одинаково может повлиять на сход лавин.

3. Необходимо оснащать более современными приборами, как для контроля, так и для воздействия на их безопасность.

Список использованной литературы

1. Божинский, А.Н., Лосев, К.С. Основы лавиноведения. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 278 с.
2. Болов, М.А. Формирование, прогноз и искусственное обрушение лавин, обусловленных снегопадами, метелями и сублимационной перекристаллизацией снега: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ.канд. геогр. наук. – Нальчик, 1981. – 26 с.
3. Бройдо, А.Г. Руководство к проведению практики по общей метеорологии. – Л.: ЛГМИ, 1971. – 162 с.
4. Вивчар, А.Н. Изменение лавинной опасности на территории Западного Кавказа в условиях современного изменения климата и интенсивного рекреационного освоения // Третья Международная Конференция «Лавины и снежные вопросы». – Кировск: «Апатит медиа», 2007. – С. 54-57.
5. Грей, Д.М., Мэйла, Д.Х. Снег. Справочник. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 152 с.
6. Дюнин, А.К. В царстве снега. – Новосибирск: изд-во Наука, 1983. – 60 с.
7. Ефремов, Ю.В., Панов, В.Д., Лурье, П.М. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей. – Краснодар: изд-во КГУ, 2007. – 67 с.
8. Ефремов, Ю.В., Салатовка, Р.В., Бенделиани, С.С. Снежный покров и лавинный режим в горном кластере Зимних Олимпийских игр в Сочи // Лед и Снег. – 2011. – № 2(114). – С. 41-47.
9. Заруднев, В.М., Салпагаров, А.Д., Ильичев, Ю.Г., Хома, И.И. Снежные лавины Западного Кавказа. – Теберда – Ставрополь: изд. ТГБЗ. – 2004. – Вып. 37. – 40 с.
10. Зимин, М.И., Шабельников, В.А., Тимашев, В.М., Зимица, С.А. Результаты практического применения математического моделирования физико-механических процессов в структурно-неоднородных телах. –

- Нальчик, 1999. – 69 с.
11. Инструкция по проектированию и строительству противолавинных сооружений. СН. 517–80. – М.: Стройиздат, 1980. – 68 с.
 12. Кароль, Б.П. Снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1949. – 73 с.
 13. Копанев, И.Д. Методы изучения снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 226 с.
 14. Котляков, В.М. Снежный покров земли и ледники. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 470 с.
 15. Куваева, Г.М., Сулаквелидзе, Г.К., Читадзе, В.С., Чоторлишвили, Л.С., Эльмесов, А.М. Физические свойства снежного покрова Большого Кавказа. Гляциология. – М.: Изд-во «Наука», 1967. – № 17. – 33 с.
 16. Лавиноопасные районы Советского района / под ред. Г.К. Тушинского. – М.: изд-во МГУ, 1970. – 59 с.
 17. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 639 с.
 18. Москалев, Ю.Д. Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 199 с.
 19. Москалев, Ю.Д. Возникновение и движение лавин. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 152 с.
 20. Олейников, А.Д. Снежные ресурсы района Красной Поляны (Западный Кавказ). Лед и снег. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2013. – 41 с.
 21. Отчет по оценке селевой и лавинной опасности на площадке строительства объекта: «Канатные дороги №№ TSF 15, TSF 16, TSF 17, TSF 18, Горнолыжные трассы №№ 44, 45, 45а, 46а, 47, 47а и инженерная защита территории». – Сочи: ООО «Инжзащита», 2010. – 147 с.
 22. Погорелов, А.В. Снежный покров Большого Кавказа: опыт пространственно-временного анализа. – М.: Наука, 2002. – 56 с.
 23. РД 52.37.613–2000 Руководство по снеголавинным работам. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 134 с.
 24. РД 52.37.613-2000 Руководство по снеголавинным работам. – М.:

- Гидрометеиздат, 2001. – 56 с.
- 25.РД 52.37.659-204 Методические указания по применению системы принудительного спуска лавин газовой пушкой «GAZEX». – М.: Гидрометеиздат, 2004. – 28 с.
- 26.Роджер, Г. Барри Погода и климат в горах. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 20 с.
- 27.Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Европейская часть СССР и Закавказье. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – Ч. 2. – Вып. 1. – 27 с.
- 28.Тушинский, Е.А, Гуськова, Е.Ф., Губарева, В.Д. Перекристаллизация снега и возникновение лавин. – М.: Изд. МГУ, 1953. – 57 с.
- 29.Физико-географические, погодно-климатические и сезонные особенности района проведения Игр. Местные особенности основных синоптических процессов / В.В. Фёдорова, Д.П. Лысак. – М.: Наука, 2007. – 30 с.
- 30.Шабельников, В.А. Об организации проведения противолавинной защиты горноклиматических курортов в районе п. Красная поляна (р. Мзымта) // Материалы гляциологических исследований. – 2004. – № 96. – С. 67-69.