



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

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

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

На тему Сравнительный анализ пассивных и активных систем воздействия в тропосфере

Исполнитель Дементьев Леонид Анатольевич

Руководитель д.г.н., профессор Сергин Сергей Яковлевич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«22» января 2021 г.

Туапсе  
2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	1
1 Изучение основных пассивных снегоудерживающих и снегорегулирующих сооружений.....	5
1.1 Пассивные системы снегоудерживающих сооружений.....	5
1.2 Сооружения регулирующие отложения метелевого снега.....	11
2 Анализ опыта использования систем активного инициирования лавин.....	15
2.1 Системы принудительного спуска лавин.....	15
2.2 Применение системы в действие.....	23
3 Особенности формирования снежного покрова и активного воздействия на лавинные процессы в районе горнолыжного курорта «Альпика-сервис».....	28
3.1 Характеристика снежного покрова в районе изучения.....	28
3.2 Мероприятия по воздействию на гидрометеорологические процессы на курорте Газпром «Альпика».....	34
Заключение.....	41
Список использованной литературы.....	44
Приложение 1.....	47

## Введение

С 2002 года на территории российской Федерации используется противолавинная система «Газекс», получившая большую популярность среди подобной продукцией во всем мире. В данной работе речь пойдет об опыте во всем мире по использованию комплекса мер активного и пассивного воздействия на гидрометеорологические процессы, для провоцирования старта лавин. Будет проведен краткий обзор наиболее широко применяемых в настоящее время систем используемых на горнолыжных курортах всего мира. Система «Газекс» рассматривается более тщательно, на примере ее применения в России, а так же об использовании в других странах мира со схожими климатическими условиями.

Принудительный сброс лавин – это сбрасывание снеговых масс со склонов способом направленного воздействия на них. Такой способ используется во всем мире уже больше полувека.

Так в 1934 году, после многократных проб, на железных дорогах Швейцарии начинается применение артиллерийского орудия для обстрела опасных склонов. Данным способом были достигнуты следующие цели:

- сотрудники лавинной службы понимали, когда и где сойдет лавина.
- снег скидывался с горы более мелким объемом, чем в обычной лавине.
- если лавина во время обстрела не стартовала, то было понимание что снег стабилен.

Зимой 1939/40 года в СССР лавинная служба комбината «апатит» (созданная после страшнейшей лавинной катастрофы 1936 года, когда под снегом погибли десятки людей) впервые стала применять минометные орудия для обстрелов очагов лавин. После обработки минометными орудиями очагов лавин, лавины сходы лавин увеличились почти в три раза, а их объемы уменьшились в три раза, чем у обычных лавин. В остальных районах СССР, кроме минометных орудий, применяются гаубицы и зенитные орудия.

В Америке, в начале 50-х годов, сотрудники лавинного отряда, применяли

артиллерийские орудия. В начале использовалась 75-миллиметровая гаубица, времен Великой отечественной войны, в дальнейшем, через несколько лет, основным воздействием на лавины, были применены безоткатные орудия и гаубица — не тяжелые пушки пехоты.

Завышенная цена боеприпасов, недостаточная корректность попадания, отходы после взрыва, а так же уцелевшие боеприпасы на склоне. Это является общими недостатками применения этих систем.

Для создания специального противолавинного оружия было сделано много тщательных попыток. Разработка ракеты для борьбы с лавинами началась в начале 50-х годов. Разработкой занялся австрийский инженер Цверин. Запал вылетал из ствола орудия на расстояние до 2,5 км, по средствам сжатого воздуха, масса данного запала составляла до 1-го килограмма.

Для разрушения стабильности снежного покрова на склоне и его зацепления, необходимо произвести принудительный спуск лавин, для этого применяются запалы из взрывчатых веществ. Снаряд за короткий промежуток времени долетает до нужной точки на склоне и происходит взрыв. На место произведения выстрела запал транспортируется на спине сотрудника лавинной службы. Преимущество такого способа только в одном, запал прибывает точно пункт взрыва. Это самый не дорогой способ воздействий. Применение взрывчатки является максимально удобным способом активных воздействий. Применение такого способа удобно только в том случаи, если в этом районе есть горнолыжные курорты, где для оказания содействия сотрудникам лавинного отряда, есть канатные дороги. С помощью которых можно будет быстро доставить запалы местам где будут производиться взрывы. Для использования таких запалов, необходимо быть очень выносливым физически и психологически, а также пройти обучение и получить сертификат на применение запалов. Были несчастные случаи, при попытках закинуть опасный заряд в точку взрыва, с горящим бикфордовым шнуром, работник лавинной службы, забрасывал его на крышу гондолы канатной дороги или того хуже под ноги своего коллеги.

Если в районе, где необходимо провести активные воздействия, отсутствовали канатные дороги, то использование взрывчатки не представлялось возможным. На взрыв при помощи такой взрывчатки сотрудники тратят по 12 часов своего рабочего времени. Это только на подъем в гору к месту установки запала. Это и является основным и главным недостатком с которым обычно сталкиваются сотрудники, обеспечивающие безопасность горных дорог. В настоящее время есть более удобный способ доставки запалов и сотрудников в нужное место. Стоимость таких услуг неоправданно дорого.

Применение таких орудий и взрывчатых веществ для спуска лавин нашло широкое использование, в Швейцарии за один горнолыжный сезон производится от 4,5 до 10,5 тысяч взрывов, а в Америке в два раза больше.

В России в горном кластере Краснодарского края (Красная Поляна) в год звучит от 1500 до 3500 тысяч выстрелов.

Актуальность темы. Обеспечение безопасности от лавин туристов, канатных дорог, гостиниц и вокзалов в районе горного кластера Красной Поляны, является одной из главных проблем в проведении спортивно-туристических мероприятий. В связи с чем возникла необходимость проводить исследования за снеголавинным режимом, а также выбор типа активных воздействий на снежный покров, на отдельных участках, что отражает высокую актуальность данной дипломной работы.

Объект исследования: ближайшие горы около поселка городского типа Красная Поляна города-курорта сочи. Предмет исследования составляет процессы активного и пассивного метода воздействия на гидрометеорологические процессы, а также проблемы выбора метода и способа воздействия.

Целью исследования является анализ систем активного и пассивного воздействия на гидрометеорологические процессы.

Для достижения данной цели в работе поставлены следующие задачи:

- рассмотреть актуальные и наиболее активно используемые во

всем мире системы для искусственного сброса лавин;

- изучить особенности функционирования снегоудерживающих сооружений;

- проанализировать отдельные аспекты использования сооружений, регулирующих отложения метелевого снега.

# 1 Изучение основных пассивных снегоудерживающих и снегорегулирующих сооружений

## 1.1 Пассивные системы снегоудерживающих сооружений

Канавы на склонах, располагаются поперек движения лавины, размеры канавы выбираются исходя из угла наклона и ширины трассы, поверхности трассы и высоты выпадающего снега. Увеличение удерживающих характеристик, грунт, выкопанный из них укладывают вдоль стенки, расположенной ниже по склону, создавая так называемые «земляные террасы» (рисунок 1.1). Эффективны лишь на пологих травянистых склонах, недолговечны, изредка при размыве канав возникают оползни.



Рисунок 1.1 – Снегонаправляющие канавы

Террасы с подпорными стенками, как и земляные террасы применяются на пологих склонах (до  $30^\circ$ ), основной задачей является предотвращение снежных осовов. Некоторые породы древесины специально сажают вдоль рядов снегозадерживающих сооружений используют как дополнительное средство (рисунок 1.2) на склонах более сильной крутизны. Ширина террасирования выбирается от высоты снега. Обычно используют от 1,5.

Расстояние по горизонтали между террасами (от верхней бровки нижней террасы до нижней бровки верхней) назначают не более ширины террасы.



Рисунок 1.2 – Снегоудерживающие террасы

Свайные заграждения предназначены для предотвращения лавин из снежных плит на склонах крутизной до  $30^\circ$  (рисунок 1.3). Конструкция этих сооружений изготавливается из железных, либо деревянных свай, расположенных в виде рядов на склонах. Предназначены для предотвращения лавин из снежных плит на склонах крутизной до  $30^\circ$ . Плохо удерживают рыхлый метелевый, мокрый, свежевыпавший снег. Если снежный покров находится выше свай, то в этих условиях, данные сооружения не в состоянии препятствовать лавинообразованию.



Рисунок 1.3 — Свайные заграждения

Чтобы регулировать количества снега при метелевом снегопереносе устанавливаются, заборы и плетневые ограждения (рисунок 1.4). Недостатком является ненадежность.



Рисунок 1.4 – Противолавинные заборы

Высокие подпорные стенки, применяются для удержания большой массы грунта и расположены рядами по нормали к склону (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Подпорные стены

В зонах образования лавин для удержания снега устанавливают надежные конструкции, которые называются снегоудерживающие щиты. Их используют

часто для удержания снега. Для их изготовления применяют железные конструкции или древесину. Их конструкция достаточно разнообразна, это могут быть как сборные железобетонные щиты, так и комбинированные щиты. Конструкция монтируется на небольших железобетонных фундаментах. Основание таких стоек имеет форму шара, то есть не закреплена жестко. Решетка крепится на подпорки и балки, служащая опорной поверхностью для снега. Установка этих конструкций является важным фактором в дальнейшей эксплуатации. Монтаж производится строго перпендикулярно поверхности. Конструкция собирается из горизонтальных и вертикальных балок с зазорами по 35 см (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Металлические снегоудерживающие щиты

В конструкции снегозадерживающих металлических сооружений применяют трубы или прокатные профили изготовленные из стали. В некоторых странах Европы в конструкцию широко применяется поперечены из дюралюминиевых сплавов. В сборную конструкцию происходит заливка бетона. Для изготовления опорных решеток, в приоритете применяется пиломатериалы опирающихся на металлические или железобетонные несущие конструкции.

Снегозадерживающие щиты, а точнее их несущие конструкции могут быть изготовленными из твердых пород древесины, например дуб, граб,

называемые деревянные снегозадерживающие щиты (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 — Деревянные снегоудерживающие щиты

При образовании лавин, необходимо добиться максимального их снижения, поэтому снегозадерживающие щиты устанавливают в шеренгу, а также как отдельно стоящую конструкцию. При проектировании и принятия решения об установке снегозадерживающих щитов, обязательным фактором является местные характеристики рельефа, уклона и характера поверхности склона в зоне образования лавин. Используется статистика наблюдений за максимальный период. Используются данные линий отрывов и возможного распределения снега после укрепления склона. В регионах, где преобладающим фактором являются скальные участки, где возможны камнепады, обвалы твердых пород. При изготовлении таких конструкций используют более крепкий металл, а так же строятся специальные стенки для защиты от камней (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 - Снегоудерживающие щиты с дополнительными усилениями

Конструкция VeLa устанавливаемая в зонах зарождения и образования лавин. особенностью этой конструкции является гибкость. Что дает возможность превентивного удержания снег на исходном месте (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 — Защита системы VeLa

С каждым годом популярность набирает зонтичная конструкция снегоудерживающих сооружений. После геологических изысканий в скальную породу закладываются по средством забивки или забурки, анкерные сваи, которые будут являться основными удерживающими элементами. Их установка производится обязательно выше по склону. Соединение анкерной сваи и непосредственно самого щита выполнено с помощью металлической трубы, которая является главным звеном и направляющей деталью. Квадратная рама, по всей площади которой натягивается металлическая сетка с двумя арматурами для увеличения жесткости, по всей длине этой сетки. Квадратная рама устанавливается ниже по склону.

Более легкими конструкциями являются заборы, в конструкции которых в состав несущих элементов входят канаты, проволока или пластиковые ленты (рисунок 1.10). Опорные решетки устанавливаются на канатных растяжках и вертикальных балках. Единственное преимущество перед другими снегозадерживающими сооружениями является только то, что в сетях применяются достаточно легкие элементы на несущих опорах, что облегчает

производить строительные работы на уклоне.



Рисунок 1.10 — Снегоудерживающие сетки

Применение этой сетки способствует удерживанию снега. Во время образования трещин в снегу и его движению вниз по склону, эта конструкция имеет хорошее сопротивление к динамическим нагрузкам. Сетка может перенаправить или полностью остановить массу сухого и мокрого снега. Главным недостатком данной сетки является завышенная стоимость запасных частей и возможности их приобретения.

## 1.2 Сооружения регулирующие отложения метелевого снега

Обильные снегопады не являются самым большим источником повышенной лавиноопасности. Во время метелевого переноса происходит максимальное накопление снега на подветренной стороне и образуются так называемые снежные доски и мощные снежные карнизы. Они представляют повышенную опасность для людей и инфраструктуры, находящейся в предгорье. При самопроизвольном обрушении карниза, объем лавины будет непредсказуем. Для борьбы с карнизами используют так называемые снеговыводящие щиты. Их основной принцип настроен на разницу входящего и выходящего ветра. На выходе из снеговыводящего щита скорость ветра

увеличивается в несколько раз, что приводит к переносу снега в долину гор. И отсутствует вероятность образование снежного карниза (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 — Снеговывдувающие щиты

Снеговывдувающие щиты, созданные для предотвращения образования карнизов, расположены на противоположной стороне склона. Где возможно образование карнизов устанавливаются практически горизонтально, тем самым увеличивают поток снега с ветром и переносят его далеко вниз по склону.

В самом начале зимнего периода образуются впадины под снеговывдувающими щитами, которые покрываются льдом. В связи с этим на них не происходит оседания снега.

По краю хребта склона образуются снежные козырьки, которые при обвале могут откладывать снег для зарождения лавины из отложенного метелью снега. Ликвидация зоны завихрений за гребнем, является самым важным фактором, предотвращающим образование снежных карнизов.

Данные конструкции изготавливаются для регулировки метелевого снеготранспорта. Важным фактором для установки этих конструкций является

преобладающее направление ветра в данном регионе. В горном кластере Красной Поляны, таким направлением является Юго-Западное направление ветра. снеговыдувающие щиты, как правило применяются в совокупности с снегоудерживающими сооружениями.

В проблемных участках горнолыжных трасс, где недостаточно снежного покрова, нашли свое применение так называемые снегосборные щиты. Данная конструкция представляют собой ветропропускающие решетки. Это заборы или щиты, высотой 3-4 метра и расстоянием между поперечными балками 150 мм. снегосборные щиты устанавливаются за хребтом склона непрерывным рядом. Длина их обусловлена только площадью проблемного участка (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 - Снегосборные щиты

Установка снегосборных щитов производится, таким образом, чтобы основная масса переметного снега откладывалась непосредственно за щитом, тем самым производя снегонакопления. Для определения размера и количества снегосборных щитов является крутизна наветренного склона.

Кольктафель это деревянный щит, расположенный вертикально трапецеидальной формы, иногда встречаются и металлические конструкции, в том числе с крестообразно расположенными щитами (рисунок 1.13).

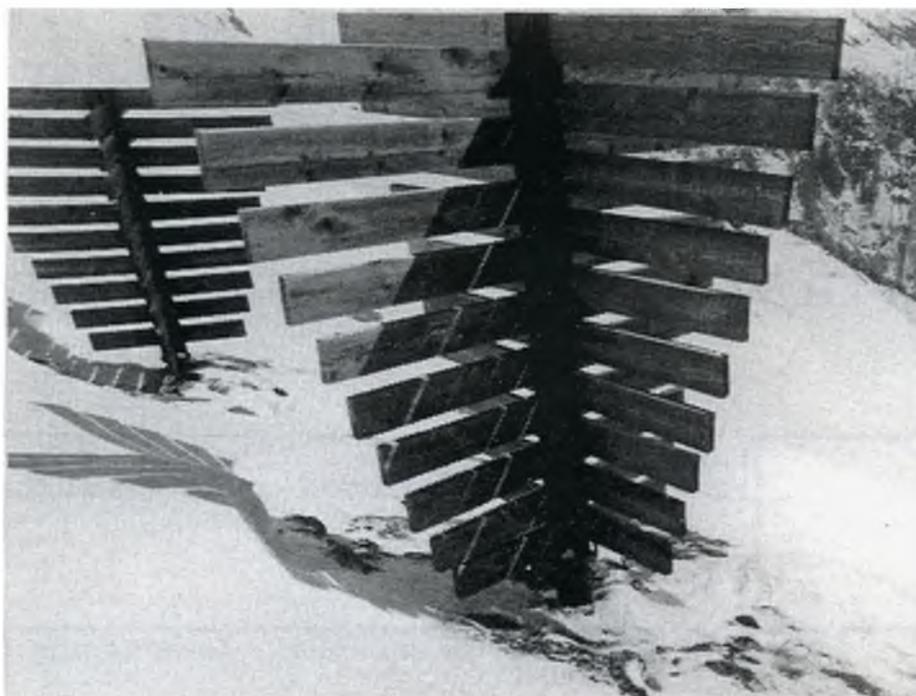


Рисунок 1.13 — Кольктафель

Кольктафель, снеговывувающие щиты, являются дополнительным оборудованием к основным системам для борьбы с лавинами. Эти конструкции устанавливаются более локально, в точечных местах, например над снегоудерживающими сооружениями, а также для разгрузки сильно заметаемых снегом подпорных сооружений. Кольктафель или снеговывувающие щиты образуют ямы выдувания снега у их основания. Кольктафель имеет одно, и очень важное преимущество перед выдувающими щитами. Это преимущество в возможности работы при любом направлении снегопереноса. В то время снеговывувающие щиты эффективно работают только при стабильном направлении метелевого снегопереноса,

## 2 Анализ опыта использования систем активного инициирования лавин

### 2.1 Системы принудительного спуска лавин

Система «аваланчер» созданная в середине прошлого века для борьбы с лавинами. Основной принцип работы заложен в запуске снаряда сжатым воздухом. Строение взрывчатого вещества достигнуто благодаря смешению двух жидкостей

В отличие от обычной артиллерийской пушки, данная система очень мобильна. Транспортировка всей системы может осуществляться на любом транспорте, будь-то автомобильный или железнодорожный. Данная система «Аваланчер» продолжает свою работу в настоящее время (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 — Система «Аваланчер»

Существенное отличие от мобильной системы «Аваланчер» в том, что Башня Wyssen является стационарной. Это конструкция представляет собой 8-метровый столб, верхней ее части располагается съемная кассета. Оператор управляющий системой подаёт команду на пуск. Блок зарядов зависает на уровне метра над снегом. В блоке размещается 12 зарядов, вылетающих по

команде оператора. Во время производства взрыва образуется сверхдавление на расположенный вокруг снежный покров, что и вызывает сход лавин. Вес съемного блока с 12-ю зарядами – 680 кг. Вес одного заряда 5 кг. Данный блок на место представляется возможным доставить только вертолетом.

В Европе Wyssen (рисунок 2.2) используется в Австрии, Швейцарии в количестве примерно 150 штук.



Рисунок 2.2 – Система Wyssen

Снижение лавинной опасности в удаленных местах используется мобильная противолавинная установка Daisybell (рисунок 2.3). Единственной сложностью в применении данной системы, является наличие вертолета. Вертолет совершает облет над территорией лавиноопасных очагов. Оператор из кабины вертолета выбирает очаг на который будет воздействовать системой. Принцип действия основан на взрыве смеси водорода и кислорода. Используется посредством вертолета, находясь на внешнем тросу (15-40 метров). Вертолет зависает над выбранным очагом, после чего оператор

производит взрыв. За один заряд (2 баллона) обрабатывается до 60 лавинных очагов.



Рисунок 2.3 — Мобильная противолавинная установка Daisy bell

Система GaZex. Джейкоб Шипперс совместно с своим коллективом середины 1980-х годов изобрел, а в последствии и внедрил новую систему борьбы с лавинами. Это система спуска лавин «Газекс». В 1989 году она была запатентована. Это самая современная технология спуска снега со склонов «Газекс». Джейкоб Шипперс принял во внимание все свои промахи в экспериментах системы. основой системы стала взрывчатая смесь кислорода и пропана (рисунок 2.4).

Структура данного устройства очень проста. В состав его входит – командный пункт, названный Шелтером (рисунок 2.5). Так же Шелтор является местом внутри которого располагаются баллоны с пропаном и кислородом. Внутри в специальной нише, входной двери, находится вся электроника и аккумуляторная батарея, отвечающая за бесперебойность работы всей системы.

Шелтор оборудован системой замков от несанкционированного проникновения. Место расположения Шелтора всегда выбирается на удалении

от скопления людей или в удалении от основных трасс.



Рисунок 2.4 – Активное воздействие системы «Газекс»

Второй компонент системы это лавинные пушки (Эксплодеры). Конструкция настолько проста, что можно назвать простыми словами — «металлические трубы». Выбор места установки всегда является важным моментом в работе всей системы в целом. Они устанавливаются непосредственно в местах зарождения лавин.

Работа системы выглядит следующим образом. Пропан и кислород, из резервуаров находящихся в Шелторе, отправляется по трубопроводам, подключенным непосредственно к пушке. В пушке происходит смешивание двух газов. Установленный непосредственно на пушке пьезоэлемент поджигает смешанный газ, после чего происходит взрыв.

Эквивалент нескольких килограмм взрывчатки воздействует на снег следующим образом:

- повышенное давление на выходе из жерла пушки настолько велико что разрушает поверхность снега и стремится разрушить кристаллы в зависимости от типа снежного покрова.
- воздух, который содержится в снеге, расширяется и подбрасывает верхнюю часть покрова.



Рисунок 2.5 – Шелтер системы «Газекс»

– сдвиг снежного покрова под действием гравитации вызывает противоположное смещение снега на склоне областей, соседних с той частью, которая испытала воздействие (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Итог применения системы GaZex

При выстреле из эксплодера распространение ударной волны на расстоянии 20 м от взрывного устройства избыточное давление составляет 160 мбар или  $1600 \text{ кг/м}^2$ , а отрицательное давление (разрежение) - 70 мбар, что соответствует давлению, перпендикулярному снежному покрову, -  $700 \text{ кг/м}^2$ .

На расстоянии 55 м от взрывного устройства избыточное давление все еще будет 25 мбар или  $250 \text{ кг/м}^2$ . Отрицательное давление -10 мбар или  $-100 \text{ кг/м}^2$ .

Продолжительность воздействия отрицательного давления при взрыве газовой смеси превосходит продолжительность воздействия отрицательного давления взрыва твердой взрывчатки, что может поднять снежный покров более эффективно, создавая в снегу инерционный эффект (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Общий вид системы «Газекс»

Активные воздействия эффективнее всего достигаются вовремя снегопада или сразу же после него. свежий снег не успевает слежаться и снижение температуры не привело к смерзанию кристаллов. Снег легкий для подъема давлением разрежения, плотность снега понижена и в снежном массиве содержится большое количество воздуха.

Взрыв, провоцирующий сход снежной лавины, оказывает тройное действие: давление ударной волны по нормали к поверхности снежного пласта; тангенциальное давление на снежный покров; сейсмические колебания в грунте

за газовой пушкой, которые увеличивают площадь охвата снежного покрова.

По многим показателям система «Газекс» оказалась наиболее эффективной и безопасной.

За всё время эксплуатации «Газекс», начиная с 1989 г, от экологов курирующих работу «Газекс» в странах-пользователях не было ни одного отрицательного отзыва. Защита горнолыжных комплексов, инфраструктуры (населенные пункты, стройплощадки, а также дороги) в горных регионах осуществляется именно этими системами.

Во время взрыва смеси в сопровождении с ударной волной, которая действует на снег, вызываются слабые сейсмические колебания которые увеличивают площадь охвата снежного покрова.

С точки зрения воздействия «Газекс» на окружающую среду следует отметить:

.1 Взрывная волна имеет две фазы: фаза повышенного давления и следующая за ней фаза разряжения. обе фазы действуют только на снежный покров, вызывая движение кристаллов снега в направлении волны. При этом снежный покров перемещается вниз по склону как бы на «воздушной подушке». При этом 25% энергии ударной волны перемещает снег вниз по склону; 25% ее захватывает снег, располагающийся вверх по склону; 50% детонации взрыва теряется в воздухе и никакой роли не играет в инициировании схода лавин. Взрывной выброс газовой смеси толкает снег с уклонов  $\sim 30^\circ$  со скоростью около 500 м/с и не воздействует непосредственно на почвенно-растительный покров, так как воздействие ударной волны поглощается снегом;

.2 По уровню шума замеры показали, что акустический уровень децибел находится в пределах 110 дБ (а), что вполне допустимо;

.3 Безопасность и эффективность данной системы для окружающей среды подтверждены европейскими сертификатами качества и испытаний системы и разрешением Гидрометеослужбы РФ на применение «Газекс» в России.

В результате взрыва никаких ядовитых веществ, дыма не образуется. В воздухе распространяется небольшое количество углекислого газа и водяного пара.

Управление. Компьютер с установленной программой «Газекс» находится в удаленном и максимально безопасном месте. Сотрудник лавинной службы, работающий в данной программе, располагается в удаленном месте, будь то лавинный пост в долине или лавинный домик в пределах защищаемого объекта. Связь с Шелтором осуществляется по средствам радио или GSM связи. Блок приема и передачи радиосвязи располагается внутри Шелтора. Блок приема и передачи отправляет всю необходимую информацию о состоянии работы системы целиком, уровень пропана и кислорода, сейсмограмму после взрыва, уровень заряда аккумуляторной батареи. Информация о погодных условиях, направление ветра и температура, также передается на монитор сотрудника лавинной службы. Для выполнения работ с программой сотруднику лавинной службы получить метеосводку о погодных условиях на месте воздействий. В период, в который не было активных воздействий. Количество свежего снега не должно превышать 10 см в час (это является рекомендацией компании-производителя). При принятии решения о выборе очага на который будет производиться активные воздействия необходимо выбрать нужный Шелтер, расположенный около этого очага, определить номер пушки из которой будет произведен выстрел, ввести защитный код доступа и произвести выстрел нажатием одной кнопки. Сотрудник лавинной службы может зафиксировать результат о выполненной работе системы на мониторе. Сейсмодатчик расположенный под площадкой Шелтора фиксирует все движения создаваемые поверхностью в радиусе более 1-го километра. График схода лавины отобразиться на мониторе сотрудника. Между выстрелами система подготавливается в среднем 2-х до 3-х минут.

Объект, у которого в распоряжении находится несколько систем «Газекс», производить выстрелы может из одной операторской. При необходимости можно установить на объекте несколько точек управления всеми системами. Примером

тому является Французский курорт, расположенный в Альпах, который называется «Альп-Ду-Эз». В зоне катания «Альп-Ду-Эз» эксплуатируется уже 104 системы «Газекс». Все они управляются из одной операторской при помощи двух компьютеров. Для открытия трасс в начале дня, а также подготовки трасс снегоуплотнительной техникой, обстрел гор пушками производится в ночное или ранее утреннее время, когда в горах нет людей или техники.

Разрежение, вызываемое ударной волной на снежном покрытии в 2,5 раза меньше, чем избыточное давление, но длится в 2,9 раза дольше (таблица 2.1).

Таблица 2.1 — Характеристики системы «Газекс» над уровнем моря 2350 м

Подрывное устройство	Избыточное давление	Радиус воздействия	Тринитротолуол
0,8 куб. м	25 мбар	40 м	7 кг
1,5 куб. м	25 мбар	55 м	12 кг
3 куб. м	25 мбар	77 м	25 кг

## 2.2 Применение системы в действии

По последним данным во всем мире эксплуатируется более 2000 установок почти в 20 странах. Данную систему уже установили и успешно эксплуатируют в Европе: Андорра, Австрия, Германия, Франция, Италия, Словения, Швейцария, Испания. В России, горный кластер Красная поляна; Азия: Турция, Япония; Северная Америка: Канада, США; Южная Америка: Чили, Аргентина.

Цитата из письма написанная Министерством транспорта и автострад Канады по работе системы «Газекс» в Британской Колумбии зимой 1999/2000 годов: «Работа при воздействия на лавины выполняемая пушками была впечатляющая. В результате выстрелов создаваемые противолавинными пушками, линии отрыва снежной доски во многих местах проходили от одного подрывного устройства (эксплодера) до другого. Зима 1999/2000 была очень успешной для активных воздействий. В середине сезона влажный снег реагировал хорошо на выстрелы. Весной сырой снег давал уже не такие

хорошие результаты. Благодаря системе « Газекс » снизилось время закрытия автострад. Например, до « Газекс » в Норт Форке лавинные службы должны были стрелять из 105-мм безоткатных пушек по многим мишеням.

Раньше на одну и ту же площадь до установки системы, при помощи безоткатных пушек требовалось от 40 до 60 минут. С системой «Газекс» теперь это составляет 14-18 минут. Транспорт для расчистки дорог выходит намного быстрее, что привело к уменьшению времени закрытия автомагистрали. Работа всех систем «Газекс» в этом сезоне, полностью удовлетворила нас»

Самое большое количество снега выпадает в течение года на Кавказе. В районе горного кластера Красной Поляны расположилась гора Ачишхо. На всей территории России, это самая влажная точка. Основываясь на опыте и полученных данных, а также проведенных ранее научных исследованиях, сделаем следующие выводы:

1) Основными условиями схода лавин в данной местности являются обильные и продолжительные снегопады. Количество осадков достигает 70 - 100 см за сутки (как правило, основной сход лавин во время этих снегопадов или после них).

2) Лавины формируются из влажного и водонасыщенного снега, их сход происходит чаще всего по грунту в весенний период;

3) В горном кластере Красной Поляны распалагаются участки с повышенной степенью лавинной опасности. Эту высокую степень лавиноопасности можно достаточно снизить, если применить систему принудительного спуска лавин газовыми пушками « Газекс »;

4) Правая сторона хребта Аибга очень скалиста и обрывиста. В результате восточной и юго-восточной розы ветров наблюдается формирование значительных карнизов свежевыпавшего, мелкозернистого снега метелевого переноса;

5) Лесопарковая зона начинается с высоты (до кромки леса 1750м) и вытянута от северо-западной до юго-восточной экспозиции. Из-за преобладания юго-западной и юго-восточной розы ветров происходит метелевый перенос

снега, а также перераспределение снега с юго-восточной части склона на северо-западную;

6) За счёт метелевого переноса, происходит сильное накопление снега верхней зоне основных склонов северной стороны хребта Аибга, а обрамление бортов цирка имеет значительную крутизну, что и выделяет эту зону в зону зарождения лавин. Это следует учитывать при расположении средств активных воздействий для защиты станций канатных дорог и горнолыжных трасс;

7) Часть бортов склонов имеют южную экспозицию, это означает что при интенсивном солнечном воздействии наблюдается ускоренное образование снежной корки, а на юго-восточном направлении и ветровой корки. Свежий снег выпадающий на твердую корку, формируется в снежные и ветровые доски, провоцируя сход снежной лавины;

8) Начиная от высоты 1750м и ниже, склон покрыт лесом. Высокие пихты и каштаны, буки и осиновый подлесок, является хорошим снегоудержателем на склонах и препятствует образованию лавин.

Для защиты территории в районе горного кластера Красная поляна от разрушительных последствий схода естественных лавин, и основываясь на выводах и данных, полученных за годы развития кластера, было принято решение проводить активное воздействие на лавины и сбрасывать их небольшими порциями, используя газовые пушки «Газекс ». Начиная с первого же горнолыжного сезона система зарекомендовала себя с лучшей стороны. Система безотказно работала в любых погодных условиях. После снятия данных с автоматических метеостанций о количестве осадков сотрудники лавинной службы принимают решение о выстреле. При высокой интенсивности снега, случается спускать несколько лавин, после чего снег, который был спущен, уплотняется и распределяется в другие места снегоуплотнительными машинами, во избежание забивания русла лавиносбора и схода мокрых лавин из слежавшегося снега.

В России начиная с 2002 года на горнолыжном курорте Альпика-сервис были смонтированы первый шелтер и 4 эксплодера, в 2007-2008 годах еще

один шелтер и 4 эксплодера (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 — Система GaZex на курорте Альпика-Сервис

В конце 2002 года впервые в России была смонтирована и запущена в работу установка системы «Газекс», для сброса снежных лавин в районе горного кластера Красная Поляна. За период зимней эксплуатации, начиная с декабря 2002 года по конец мая 2003 года было произведено 60 выстрелов пушками. При этом не было ни одного отказа по техническим причинам. Это было доказательством надежности этой системы. В планах у курорта «Альпика-сервис» было в 2003 году установить еще несколько пушек, что повысит безопасность горнолыжного отдыха и даст возможность увеличить площадь эксплуатируемых горнолыжных трасс».

В настоящее время на горно-туристическом комплексе «Альпика -сервис» установлено 5 шелторов и 23 эксплодера.

Начиная с 2009 года на ГЛК Горная Карусель по настоящее время было установлено 11 шелторов и 36 эксплодера. Как было отмечено специалистами противолавинной службы курорта, первая зима с запуска курорта была бы крайне тяжелой если бы не активное применение « Газекс ».

В начале 2011 был открыт курорт Роза-хутор, обеспечение безопасности от лавин которого гарантируют 9 эксплодеров «Газекс », управляемые с 4-х шелтеров. В первый месяц работы система проявила себя с лучшей стороны, сбрасывая снег небольшими порциями в течение снегопада и сразу после снегопада. По первым итогам работы первого сезона планировалось существенное увеличение количества эксплодеров и шелтеров системы «Газекс» для обеспечения безопасности катающихся туристов и объектов инфраструктуры горнолыжных курортов. В настоящее время на горно-туристическом комплексе установлено 16 шелтеров и 68 эксплодеров. Особенности формирования снежного покрова и активного воздействия на лавинные процессы в районе горнолыжного курорта «Альпика-сервис»

### 3 Особенности формирования снежного покрова и активного воздействия на лавинные процессы в районе горнолыжного курорта «Альпика-сервис»

#### 3.1 Характеристика снежного покрова в районе изучения

Можно смело сказать, что снеголавинный режим горного кластера Красная Поляна на момент написания данной работы в полной мере изучен в географическом аспекте, но этой изученности совершенно недостаточно для решения возникающих задач при интенсивном освоении района.

Осадки, выпадающие в зимний период (с ноября по март) составляют 2159 мм (рисунок 3.1).

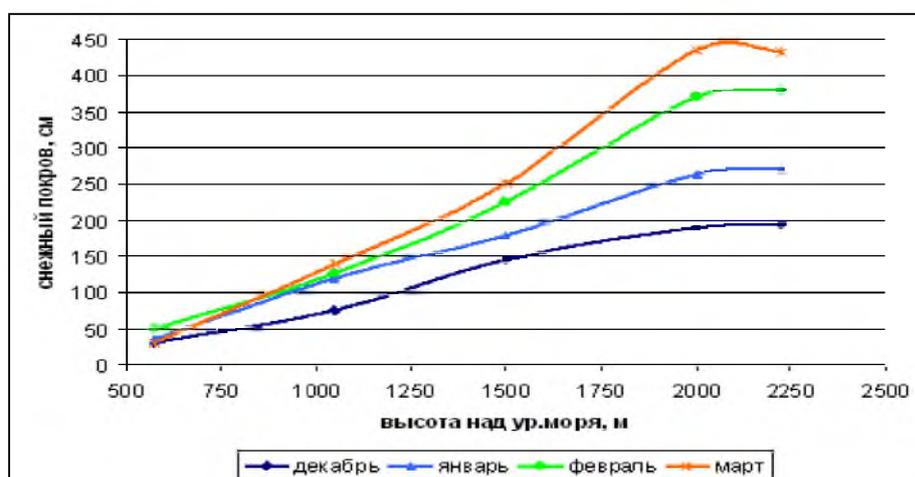


Рисунок 3.1 — Изменение с высотой мощности снежного покрова на северном склоне хребта Аибга

По данным этой метеостанции [1, с.109], в той же высотной зоне Приэльбрусья и Домбая выпадает в 4 — 5 раз меньше осадков. Именно в холодный период выпадает самое большое (максимум) количество осадков, в этом и есть основное отличие района Красной Поляны от других горных районов Северного Кавказа, где максимум наблюдается в летние месяцы.

Использование собранных архивных данных метеонаблюдений закрытой метеостанции находящейся на горе «Ачишхо» (1880м над уровнем моря) целесообразно только для ориентировочной оценки основных климатических характеристик мест предстоящего освоения [30, с.8]. Следует отметить, что

материалы наблюдений метеостанции, действующей в пос. Красная Поляна (566 м над уровнем моря) для целей изучения снеголавинного режима района «Красная Поляна» не репрезентативны. Зимой в реке Мзымта из-за собственного микроклимата часто развивается инверсия: повышение градиента температуры зависит от высоты, количество осадков, нежного покрова в зависимости от высоты над уровнем моря. Климат данного района в соответствии с классификацией ГОСТ [9] относится к теплому влажному, со среднемесячной температурой января от 0° до 4° С, июля - от плюс 20° до 25° С и относительной влажностью 70% и более.

По особенностям сезонного хода атмосферных циркуляционных процессов, режиму температуры воздуха и атмосферных осадков, район выделяется в субтропическую Черноморскую климатическую область.

По специфике атмосферных процессов год делится на две характерные половины. Холодное полугодие (ноябрь-апрель) отличается активизацией циклонической деятельности, что способствует выпадению в это время до 60% годового количества атмосферных осадков. В теплое полугодие (май-октябрь) кратковременные, сильные ливни перемежаются засушливыми периодами.

Расположение территории в относительно низких широтах обуславливает интенсивный приток солнечной радиации, в связи с этим характерной особенностью климата является обилие солнечного света и тепла [25, с. 44].

Изучая температурные показатели региона, можно заключить, что абсолютная минимальная температура в январе -22°С, абсолютная максимальная в августе +38°С. Летом средняя температура составляет +24°-+28°С. Температура воздуха в зимний период колеблется от -5° до -12°С ночью, 0°- +5°С днем.

Самыми холодными месяцами является январь и февраль, и самыми теплыми – июль и август. Зимой отмечаются сильные и частые инверсии, которые сложно влияют на изменения температуры воздуха в горных условиях. Градиент изменения температуры с высотой местности обычно достигает 1,0-1,2° на каждые 100 м поднятия и особенно ярко выражен до высоты 1000 м, а в

верхних зонах температура воздуха под влиянием свободной атмосферы понижается в пределах нормы (0,5° на 100 м высоты) [16, с. 97].

Замкнутость долины р. Мзымта, почти полное отсутствие сильных ветров и сухость воздуха создают особый мягкий и довольно теплый климат, близкий к климату прибрежной зоны с теми же абсолютными отметками (400-500 м).

Абсолютный минимум температуры воздуха весной снижается до -17°, абсолютный максимум температуры воздуха повышается до 35° (в мае) (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Абсолютные максимум и минимум температур [16, с. 99]

месяцы												год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
18	20	29	33	34	35	37	38	37	33	28	21	38
-22	-21	-17	-10	-1	4	6	4	-1	-11	-13	-22	-22

Температурный режим характеризуется среднемесячными величинами (°С), приведенными в таблица 3.2.

Таблица 3.2 - Среднемесячные температуры воздуха, °С [16, с. 99]

месяцы												год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-0,1	0,8	4,2	9,3	14,0	16,9	19,3	19,4	15,5	10,9	6,3	2,0	9,8

Распределение атмосферных осадков в годовом разрезе неравномерное. В течение года выпадает 1904 мм осадков, большее количество которых (1165 мм) приходится на холодные месяцы с ноября по апрель. Наибольшее количество осадков приходится на зимние месяцы, наименьшее – на летние. Огромное количество осадков регистрируется в декабре - 251 мм, и наименьшее в июле -110 мм.

В августе наблюдается максимальное суточное количество осадков -188 мм. Число дней с осадками более 0,1 мм - 176, более 5 мм - 89. Дожди в основном имеют ливневый характер, наблюдаются чаще, чем на побережье. Осадков в среднем за месяц выпадает 100-120 мм. Относительная влажность в полдень находится в пределах 60-65%. Влагообеспеченность превышает 2,5.

Отмечается увеличение атмосферных осадков по мере возрастания абсолютных отметок.

Зимой осадки выпадают преимущественно в виде снега. Среднемесячное количество атмосферных осадков приведено в таблица 3.4.

Таблица 3.4 -Среднемесячное количество осадков (мм) [37, с. 15]

месяцы												год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
196	178	168	137	125	133	120	112	143	179	193	220	1904

Общий перенос масс воздуха имеет направление с запада на восток на центральном Черноморском побережье Кавказа. Несмотря на это, направление и скорость ветров в этом районе существенно меняется из-за наличия хребтов Большого Кавказа и ущелий р. Мзымта и её многочисленных притоков. Направление ветра преобладает зимой северное и северо-западное, а летом: юго-западное. Средняя скорость ветра (м/с) по месяцам приводится в таблица 3.5.

Таблица 3.5 -Средняя скорость ветра (м/с) [37, с. 16]

месяцы												год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1,4	1,6	1,8	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,6	1,4	1,8

Несмотря на это, направление и скорость ветров в этом районе существенно меняется из-за наличия хребтов Большого Кавказа и ущелий р. Мзымта и её многочисленных притоков. Направление ветра преобладает зимой северное и северо-западное, а летом: юго-западное.

Анализируя гидрологические характеристики региона исследования можно отметить, что посёлок Красная Поляна расположен в верхней и средней части бассейна р. Мзымта, которая берёт своё начало из горного озера Кардывач, расположенного на высоте 1837 м над уровнем моря.

Река Мзымта занимает особое положение в гидрографической сети г. Сочи по особенностям гидрологического режима, который выводит эту реку на

первое место по запасам подземных пресных питьевых вод.

Форма гидрографа этой реки несколько отличается от гидрографа остальных рек. Причина этого - большая площадь водосбора, включающая в основном высоты более 1000 м. Как следствие, в бассейне р. Мзымта накапливается значительное количество снега в зимние месяцы. В верховьях бассейна расположена группа ледников, которые влияют на режим питания этой реки.

Водный режим реки Мзымта изменяется от истока к устью и определяется с одной стороны обилием выпадающих осадков и таянием снегов, а с другой - большой амплитудой высот водосборной площади. Поэтому верховья реки характеризуются весенне-летним половодьем (пос. Красная Поляна), а нижняя - паводочным режимом (пос. Казачий Брод).

В период летне-осенней межени нередко наблюдаются паводки, вызванные ливнями (летом) и продолжительными обложными дождями (осенью).

В питании реки основная роль принадлежит дождевым (50-55% стока) и подземным (25-30%) водам. Сезонное снеговое питание составляет 15-20% стока. Поскольку в бассейне р. Мзымта площадь оледенения незначительна, доля ледниковых вод в общем стоке не превышает 0,5%. Распределение стока в течение года неравномерное и несколько отличное от других рек района. Максимум стока приходится на май-июнь. За весну и лето проходит 48-73% общего годового стока, в то время, как за зиму всего 12-34% [32].

Площадь речного бассейна р. Мзымта имеет вытянутую форму: в верховьях с юго-востока на северо-запад, а от пос. Красная Поляна с северо-востока на юго-запад. С севера бассейн ограничен Главным хребтом, а с юга – параллельными ему хребтами Аибга и Ацетука [37, с. 18].

В районе пос. Красная Поляна, на участке г. Псеашха Южная в карах располагаются два небольших ледника. Здесь присутствуют следующие ледники – Ледник Псеашха и ледник Холодный (№ 1 и № 2). Вблизи г. Агепсты (3257 м) находятся следующие три ледника (№ 3, № 4 и № 5), см. рис. 1.4.

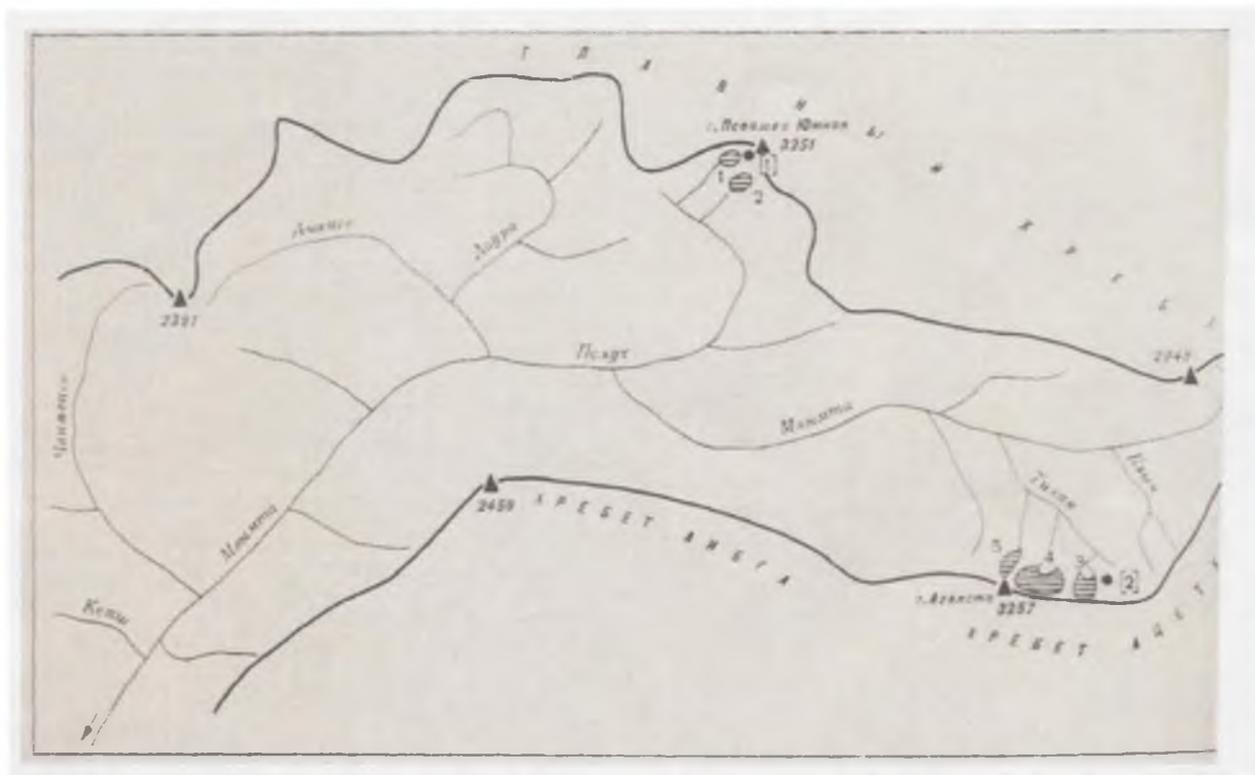


Рис. 1.4. Схема расположения ледников в бассейне р. Мзымты

На южном склоне в долине р. Мзымта морены последнего оледенения спускаются немного ниже Красной Поляны, до высоты 380 м. Однако в некоторых наиболее глубоких карах имелись небольшие снежники.

Все ледники в бассейне имеют площадь менее 1,0 км<sup>2</sup>. Наибольшим является ледник № 4 (Хымс-Анекё), расположенный в истоках р. Тихой и имеющий площадь 0,9 км<sup>2</sup>. Остальные ледники имеют площадь до 0,5 км<sup>2</sup>.

В различные годы высота снега может значительно отличаться от средних многолетних значений, но закономерности её распределения с высотой сохраняются. На рисунке 3.2 представлен график изменения с высотой максимальной за зимний сезон 2019-2020 гг высоты снежного покрова для северного склона хр. Аибга.

Максимальная высота снежного покрова в 2020 году в долине (Красная Поляна) наблюдалась в середине февраля и составляла 93см, в верхней части хребта Аибга – в марте и составляла около 300см. За весь период наблюдений максимальная высота снежного покрова составляла в Красной Поляне 177см,

на ст. Айбга 475см.



Рисунок 3.2 — Изменение с высотой максимальной за зимний сезон 2019-2020 гг. высоты снежного покрова

Для более точного и полного понимания высотных характеристик распределения снежного покрова, необходимо рассмотреть ветровые параметры изучаемого района: розу ветров, преобладающее направление и т.д.; выявить зависимость в направлении и скорости ветра и в накоплении снежных масс.

### 3.2 Мероприятия по воздействию на гидрометеорологические процессы на курорте Газпром «Альпика»

В данном разделе рассмотрим производимые на территории горнолыжного курорта Газпром «Альпика» мероприятия направленные на гидрометеорологические процессы:

- снегонакопительные;
- снегообразовательные;
- противолавинные.

Для обеспечения достаточного количества снежного покрова в местах расположения горнолыжных трасс, который в случае его недостатка планируется несколькими способами, два из которых уже начали реализовываться:

– разработка грунта в месте будущего искусственного озера, вода из которого будет использоваться для создания искусственного снежного покрытия трасс снегогенераторами;

– подготовлено несколько больших хранилищ для снега, куда в зиму 2020/2021 будут откладываться запасы естественного снега (для большего срока хранения его укроют слоем опилок).

– начали готовиться к обеспечению снегом метеорологи Росгидромета. Собирают информацию по ресурсам зимних облаков, прорабатывают различные варианты увеличения снежного покрова засевом облаков осадкостимулирующими реагентами.

Снегогенератор — это устройство для производства искусственного снега. Во время работы из снегогенератора под большим давлением распыляется холодная вода, которая затем замерзает, превращаясь в кристаллы снега. Капли воды, которые получаются на выходе из форсунок, при распылении замерзают. Эти капли имеют отрицательную температуру (от  $-1,5$  градусов Цельсия). Снегогенераторы часто используются на горнолыжных курортах для дополнения или замены естественного снежного покрова. Для продления срока горнолыжного сезона, такие снегогенераторы являются основным средством (рисунок 3.5). На горнолыжном курорте «Газпром» установили около 100 снегогенераторов.



### Рисунок 3.5 — Снежная пушка

В случае малоснежной зимы, у курортов «Альпика-сервис» и «Газпром» снегонакопления может достигать до 450 тысяч кубометров снега.

Высота 1200-2000 метров над уровнем моря является наилучшей высотой для хранения запасов снега, который так необходим для проведения горнолыжных мероприятий. Снег будет храниться в восьми резервуарах на горнолыжном курорте «Газпром» и «Альпика-сервис». Каждый резервуар имеет объем от 40 до 100 тысяч кубометров снега. При том, что возможность потери составляет 50%, администрация курорта намерена сохранить 450 тысяч кубометров.

Пробные тесты этих хранилищ в горном кластере Красной поляны начались в 2010 году. Как показали первые тесты, хранение под опилками не дало хороших результатов, снег пожелтел. Для хранения снега было предложено протестировать теплоизолирующий материал толщиной 2 см, Данный материал имеет с обеих сторон алюминиевую светоотражающую пленку. Данный тест принес положительный результат и этот вариант был взят за основу создания снегохранилищ.

Во всем мире нет подобных хранилищ (рисунок 3.6) снега, которые бы располагались на такой высоте от 1200 до 2000, и хранили бы снег в течение всего лета. Количество заготовленного снега около 450 тысяч кубометров снега, находятся под круглосуточным наблюдением. Обязательными параметрами которые контролируются являются, температура и влажность снега и покрова, под которым он хранится.

Такое количество запасенного снега позволяет гарантировать достаточный уровень снежного покрова на горнолыжных трассах при любой погоде. Впрочем, он может понадобиться и раньше. Если к началу сезона уровень снега недостаточен на горнолыжных трассах, то хранилище распечатают. Снег начинают развозить и равномерно укладывать при помощи снегоуплотнительной техники на склонах.

Как только температура понизится до -3 градуса, задействуют 464

снегогенератора, которые установлены вдоль горнолыжных трасс. Из двух больших искусственных озер по системе трубопроводов к снегогенераторам будет подаваться вода.



Рисунок 3.6 — Снегохранилище в районе пос. Красная Поляна

Снегогенераторы будут распылять воду над полотном горнолыжных трасс, и из этой воздушно-водяной взвеси получится достаточно качественный искусственный снег. Для района северного Кавказа могут быть приемлемы два способа активных воздействий это артиллерийский способ и применение противолавинного ружья.

Наряду с вышеуказанными способами активных воздействий не исключена возможность применения иных эффективных способов борьбы с лавинной опасностью с использованием малознакомых и пока мало применяемых в России технических средств воздействия, с учетом их положительных и отрицательных свойств. Одним из таких способов ПСЛ является применение системы «Газекс», которую фирма ООО «Альпика-сервис» впервые в России стала использовать с 2003г для противолавинной защиты действующих горнолыжных трасс в лавинных очагах № 038 (руч. Сулимовский) и №116 (руч. Шумихинский).

Система «Газекс» представляет собой стальные трубы-эксплодеры,

внешне напоминающие загнутую трубу концевого водопроводного крана диаметром от 40 до 80 см, являющиеся взрывными камерами (объемом 0,8; 1,5; 3; 4,5 м<sup>3</sup>) для смеси газов: кислорода и пропана, подаваемых по трубопроводам, проложенным в грунте, от Шелтора установленного в безопасном месте. Шелтора одновременно является хранилищем баллонов с газом, запаса которого не всегда хватает для работы эксплодеров в течение всего лавиноопасного периода года, поэтому происходит заправка в середине сезона. Расположение пушки непосредственно над лавинными очагами (приложение 2) в местах возможного схода лавин. В нужный момент дистанционно, по связи GSM с пульта управления в Шелтор подается сигнал на открытие электроклапанов. Из резервуаров по системе трубопроводов газ подается в эксплодеры в определенной пропорции, где, они смешиваются, после чего происходит взрыв. Взрываемый газ вырываясь из жерла эксплодера, которое направленно вниз по склону в направлении снежного покрова, воздействует на снег в определённом секторе. Ударная волна создает над снежным покровом избыточное давление, которое максимальное в эпицентре взрыва и убывает в радиусе 100м до 10 мбар. На бетонное основание, на которое установлена нога эксплодера, опирающаяся на склон, в момент взрыва (в течение 1/3000с), приходится импульсная нагрузка в 220 бар (более 2000т), передающаяся на грунт. Следует отметить, что надповерхностный взрыв, создающий избыточное давление на поверхность снега порядка 150-200 мбар, – именно то силовое воздействие на снежный покров, которое в наибольшей степени способствует просадке и нарушению целостности снежной доски [7, с.37]. В настоящее время, артиллерийским методом создать надповерхностный взрыв, желательно безосколочный и объемный, проблематично. В России таких методов воздействия нет из-за высокой стоимости этого вида боеприпасов.

В принципиальном плане работоспособность системы «Газекс», возможность достижения заявленных параметров воздействия на снежную среду не вызывают сомнений. Однако возникают некоторые сомнения о

возможности её применения в интересах «Альпики-сервис». Во-первых, эксплодеры размещаются по верхним и боковым границам рассматриваемых лавиносборов. Поэтому контроль за размерами вызванных лавин воздействием только на верхние зоны наибольших напряжений снежного пласта может быть утрачен (в зависимости от ситуации) [27,с.61]. Во-вторых, возникновение при действии эксплодера мощной импульсной нагрузки на грунт приведет к сотрясению грунта на значительных расстояниях от места воздействия, что, в свою очередь, может вызывать разрушение хрупких горизонтов разрыхления снега, и, как следствие, просадку снежных пластов и обрушение лавин, размеры которых будут зависеть только от конкретной стратиграфии снежной толщи и геометрии склона. То есть, на значительных расстояниях от действующего эксплодера возможно «незапланированное» обрушение лавин. Применение систем оправдано только в тех случаях, когда обрушение искусственно вызванных лавин, в результате действия эксплодеров, не может привести к неконтролируемому катастрофическому лавинообразованию, способному привести к негативным последствиям. На больших лавиноактивных площадях, особенно со слабо расчлененным рельефом, обойтись только системой «Газекс» не удастся.

Однако, применение этой системы возможно в комбинации с артиллерийским способом, используя её на площадях, являющихся запретными для артиллерии зонами стрельбы, после обработки пушками остальных основных площадей лавиносборов.

Достоинства систем «Газекс»:

- весьма низкая стоимость рассчитывается из стоимости пропана и кислорода;
- влияние любых погодных условиях не сказывается на работе системы;
- стоимость запасных частей и обслуживание весьма низкая;
- разрешено использовать в любых районах.



## Заключение

В данной работе был проведен краткий сравнительный анализ наиболее распространенных систем активного и пассивного воздействия на снежные лавины, применяемых с 30-х годов прошлого века.

1. В представленной работе проведен краткий сравнительный анализ наиболее распространенных систем активного и пассивного воздействия на снежный покров лавиноопасных территорий. Эти системы применяются с 30-х годов прошлого века. Они сильно различаются по своей эффективности, что нашло отражение в нашей исторической справке по данной теме.

2. Пассивные (щитовые) системы противолавинной защиты позволяют удерживать снег на склонах или изменять траекторию схода лавин. В выпускной квалификационной работе проведен анализ преимуществ и недостатков данной системы. Существенно, что они препятствуют образованию трещин в снежном покрове и его подвижкам, а также камнепадов, обвалов и осыпей. В тоже время, нет возможности удержания снежной массы при динамических нагрузках и сравнительно высока стоимость монтажных и ремонтных работ. Пассивные системы противолавинной защиты направлены на удержание снега на склоне и недопущение схода лавин, либо на направление сошедших лавин в безопасном направлении. Они надежно удерживают снежные плиты и хорошо сопротивляются статическим нагрузкам при образовании трещин в снежной плите и ее подвижке, а также в весенний период затормаживают или полностью предотвращают сползание мокрого снега.

3. Большое внимание в данной работе уделяется системам активного воздействия на снежный покров фирмы T.A.S «Gazex» и «DaisyBell», поскольку они отражают современные достижения в задаче борьбы с лавинами. На примере Краснополянского горного кластера выявлены достоинства этих систем в условиях Краснодарского Причерноморья.

Показано, что они вполне применимы в условиях российской Федерации:

не дают сбоев в работе, обеспечивают безопасность обслуживающего персонала, приемлемы в экологическом смысле.

Важными преимуществами данной системы является следующее:

- работает в течение сезона, в любое время, при любых погодных условиях, обеспечивая сход лавин, задолго до того, как они наберут разрушительную силу;
- взрыв происходит непосредственно у снежной поверхности для обеспечения максимального воздействия;
- отсутствие риска для операторов и туристов ввиду использования смеси газов и дистанционного управления;
- эффективный монтаж: вручную или вертолётном – экономия времени и средств, благодаря легкому весу конструкций. Вертолётном можно транспортировать до трёх секций одновременно;
- система сдерживает массы снега и скальные блоки, обеспечивая надёжную защиту от лавин и камнепадов;
- универсальная система: минимальные затраты на фундаменты благодаря возможности устанавливать опоры на опорные плиты и изменять геометрию барьера для соответствия неровностям рельефа очага зарождения лавин;
- защита от камнепадов, обвалов и осыпей: в дополнение к основной функции снегоудерживающие барьеры SpIDeR avalanche устойчивы и обеспечивают защиту от камнепадов до 500 кДж.

Недостатками данной системы является следующее:

- стоимость системы в целом и расходных материалов;
- сложность в установке и монтаже;
- возможность удержания снежной массы только при статических нагрузках;
- в условиях Красной Поляны отсутствует возможность расчета высоты снежного покрова;

- для установки данной системы на большой площади необходимо большое количество щитов, а это очень высокая стоимость;
- накопление большой снежной массы над действующими горнолыжными трассами в течение всего сезона;
- высокая стоимость ремонта.

Из существующих ныне стационарных систем активного воздействия на снежный покров, «Газекс» является наиболее применимой в условиях России. Это объясняется и низкой стоимостью выстрела (порядка 50 рублей), вкпе с свободной продажей «взрывчатки» - заправка баллонов с кислородом и пропаном, возможностью безопасного хранения используемых материалов и отсутствием каких-либо вредных отходов от выстрела. Кроме того, система находится на полном самообеспечении в течение зимы, питаясь от солнечной батареи. Ввиду абсолютной простоты система фактически не дает сбоев в работе, а по причине дистанционного управления отсутствуют риски травмироваться обслуживающему персоналу при производстве работ.

## Список использованной литературы

- 1 Агроклиматический справочник по Краснодарскому краю. – Краснодар: Краснодар. книж. изд-во, 1961. – 467 с.
- 2 Аджиев, А.Х., Петренко, В.А., Корнилов, Ю.В. Прогнозы климатических характеристик для инженерно-геологических изысканий на зимний период в сочи. — «Геориск». —2018. — №3. — С. 58-63.
- 3 Антошкина, Е. В. Исторические аспекты геоэкологических условий междуречья Мзымта-Псоу / Е. В. Антошкина // Географические исследования Краснодарского края: сб. науч. трудов. - Краснодар: Кубанский государственный университет, 2009. - Вып. 4. - С. 184-188.
- 4 Билеуш, А.И. Инженерная подготовка территории. М: Будивельник, 1981. - 207с.
- 5 Биологическое и ландшафтное разнообразие северного Кавказа и особо охраняемых территорий. Москва. Ставрополь, 2016. — 205 с.
- 6 Блютген, И. География климатов. Том 1. — М.: изд. «Прогресс», 1972.— 428 с.
- 7 Болов, В.Р. Изменение границ зон потери устойчивости снежного пласта в зависимости от местоположения точки импульсного воздействия относительно поверхности снега.– Труды ВГИ. — 1988. — вып.73. — С. 35 – 42.
- 8 Боровиков, А.М., Мазин, И.П. Микрофизические характеристики облаков. - М.: Гидрометиздат, 1975 — 215 с.
- 9 Быков, Н.И., Попов, Е.С. Наблюдения за динамикой снежного покрова в ООПТ Алтае-саянского экорегиона (методическое руководство). Красноярск, 2020. - 64 с.
- 10 Геология СССР. Северный Кавказ. Часть 1, М.: Недра, 1968. — 75 с.
- 11 Геология СССР. Том 9: северный Кавказ. Часть I: Геологическое описание (под редакцией И.И. Малышева). Москва – Ленинград: Государственное издательство геологической литературы министерства геологии СССР, 1947. – 560 с.

- 12 Гляциологический словарь / под ред. В.М.Котлякова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984.— 527 с.
- 13 Государственный водный кадастр // Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1. РСФСР. Выпуск 1. Бассейны рек северо-Восточного побережья Черного моря, бассейн Кубани. Л.: Гидрометиздат, 1986. — 264 с.
- 14 Ефремов, Ю.В. Голубое ожерелье Кавказа. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. –159 с.
- 15 Ефремов, Ю.В., Салатовка, Р.В., Бенделиани, С.С. Снежный покров и лавинный режим в горном кластере г. Сочи // Лед и снег. — 2018. — 2(114). — С. 64 -69.
- 16 Копанев, И.Д. Методы изучения снежного покрова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1971. — 226 с.
- 17 Мазин, И.П., Шметер, С.М.. Облака, строение и физика их образования. — Л.: Гидрометиздат, 1983. – 241 с.
- 18 Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 380 с.
- 19 Несмеянов, С. А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа / С. А. Несмеянов. – М.: Недра, 2018. – 216с.
- 20 Панов, В.Д. Каталог ледников СССР. —Том 9: Закавказье и Дагестан. Часть 1: Бассейн р. Мзымта. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – С. 34-49.
- 21 Панов, В.Д., Ефремов, Ю.В. Изменение температуры воздуха и атмосферных осадков на Западном и северо-Западном Кавказе в конце–начале хх–ххI столетий // сб. науч. тр. «Географические исследования Краснодарского края». Вып. 4. Краснодар: Издательско-полиграфический центр Кубанского гос. ун-та, 2019. с. 96–105.
- 22 Пигольцина, Г.Б. Ключева, М.В, Акентьева, Е.М., Разова, Е.Н., Семёнов, Ю.А., Зиновьева, Н.А.. Описание зимнего сезона для международных спортивных федераций по результатам климатической обработки метеорологических наблюдений в районе спортивных объектов горного кластера в период с

декабря по март. ГГО им. А.И.Воейкова. — СПб., 2019. — 264 с.

23 Правила производства снегомерных работ на постах. — Л.: Гидрометеиздат, 1965.— 34 с.

24 рД.52.37.659-204. Методические указания по применению системы принудительного спуска лавин газовой пушкой «GaZex». М.: Гидрометеиздат, 2020. - 28 с.

25 Ризаев, И.Г., Погорелов, А.В. К вопросу автоматизированной сегментации крон деревьев по материалам лазерного сканирования (бассейн р. Мзымты) // Географические исследования Краснодарского края: сб. научн. тр. —Вып. 4. —Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2019. — С. 261-268.

26 Рихтер, Г.Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе/Труды института географии. Изд-во АН СССР, 1948.— 169 с.

27 Руководство по предупредительному спуску снежных лавин с применением артиллерийских систем Кс-19 (временное).— М.: Гидрометеиздат, 1984.—107с.

28 Руководство по снегомерным работам в горах. Л.: Гидрометеиздат, 1958. — 194 с.

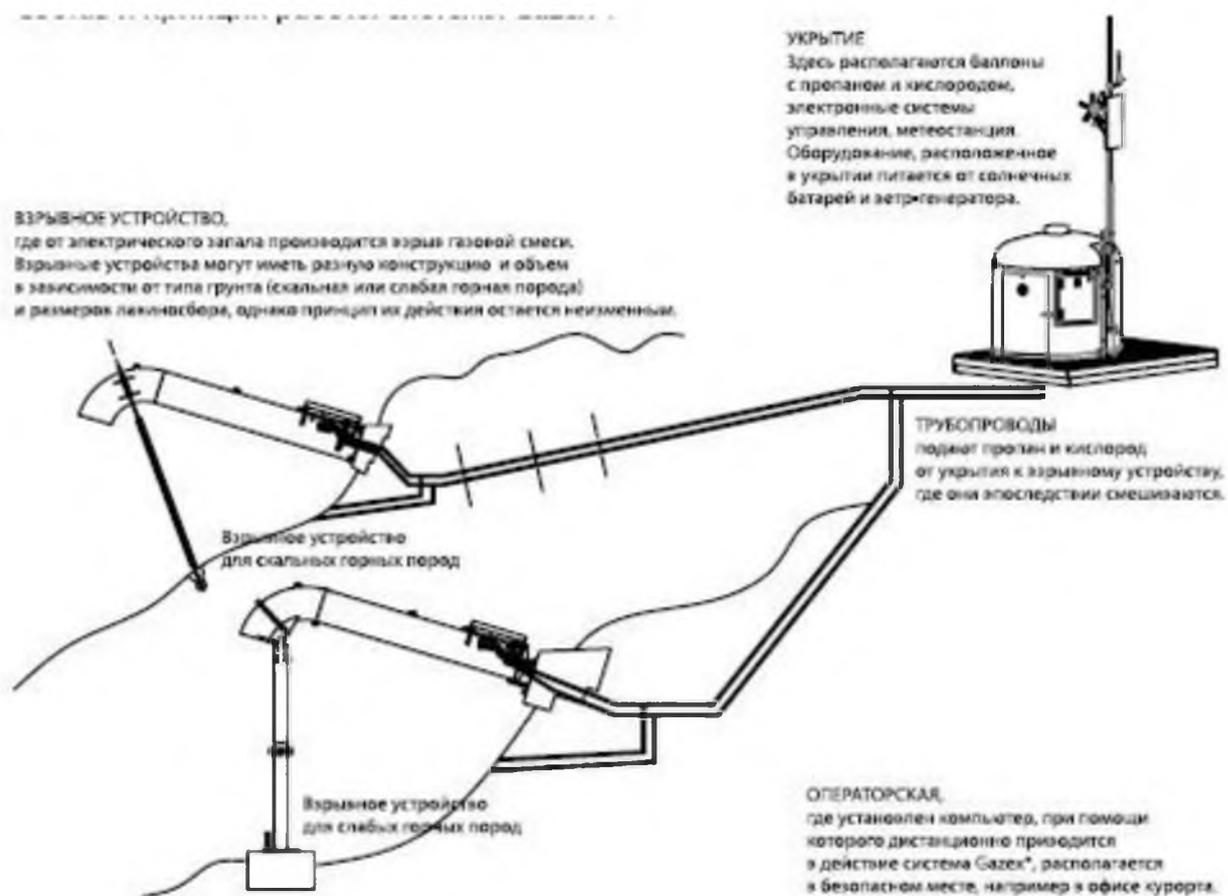
29 Сергин, С.Я., Яйли, Е.А., Цай, С.Н., Потехина, И.А Климат и природопользование Краснодарского Причерноморья, Монография. СПб.; изд. РГГМУ, 2001. — 188 с.

30 Шабельников, В.А., Зимин, М.И. Оценка лавинной опасности района горнолыжных трасс на северном склоне хребта Аибга. — Нальчик: ОКТБ «Марс» при Кабардино-Балкарском Госуниверситете, 2018.— С. 15-21

31 Приклонова, С. Противолавинные мероприятия: проблемы и решения. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ski.ru/static/133/2\\_36707.html](http://www.ski.ru/static/133/2_36707.html) (дата обращения 28.12.2020)

## Приложение 1

### Состав и принципы работы системы Gazex



Приложение 2  
Лавинные пушки на вершинах хр. Аибги



### Приложение 3

Схема расположения лавинных пушек «Gazex» и действующих сил

