



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 Лавины на горе Ай-Петри, Крымского полуострова

Исполнитель Бакулин Антон Сергеевич

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

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«17» июня 2020 г.

Туапсе  
2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Физико-географические условия Крымского полуострова.....	5
1.1 Особенности рельефа территории.....	5
1.2 Колебания климата на Крымском полуострове.....	11
2 Лавины, их классификация, факторы лавинообразования и методы их прогнозирования .....	17
2.1 Классификация лавин по типу.....	17
2.2 Методы определения лавинной опасности .....	25
3 Лавинная опасность Крымского полуострова .....	35
3.1 Условия образования лавин Крымского полуострова .....	35
3.2 Защита от лавин и ее картографическое обоснование.....	41
Заключение .....	47
Список использованной литературы.....	48

## Введение

Движение снега на склоне ниже нескольких сантиметров называется лавиной.

Лавины могут варьироваться от нескольких кубических метров до десятков миллионов кубических метров и преодолевать несколько километров в секунду со скоростью до 200 метров в секунду.

Страницы истории несут огромное количество ужасных стихийных бедствий, среди которых есть некоторые, которые унесли тысячи жизней и нанесли огромный материальный ущерб. Так имея ввиду лавины, часто подразумеваются именно эти катастрофы, но они, как правило, не имеют отношения к альпинизму, туризму и горнолыжному спорту.

Лавинная статистика неумолима: большинство НС происходит в небольших лавинах объемом от 1000 до 50 000 куб. м, а 90% пострадавших в лавинах сами вызвали их сход.

Для разработки мер защиты от лавин требуются разнообразные знания о географических аспектах и геометрии лавинных очагов, генетических типах, лавинах повторяемости и прочих характеристик лавин. В современности широко применяются поисково - информационные картографические сервисы: ООО ИТЦ «СКАНЭКС», «Here» и «Bing», спутники «GeoEye-1» и «DigitalGlobe».

Актуальность исследования обусловлена необходимостью сбора и уточнения данных о фактах схода снежных лавин на конкретной территории, которые позволят спрогнозировать и снизить о ущерб от их последствий.

Объект исследования – лавины Крымского полуострова.

Предмет исследования - особенности формирования лавин Крымского полуострова.

Цель - выявить основные закономерности образования лавин Крымского полуострова.

Задачи:

- проанализировать физико-географические условия Крымского полуострова ; .
- охарактеризовать особенности рельефа Крымского полуострова;
- рассмотреть колебания климата в Крыму; .
- обобщить понятия лавин и их классификацию, факторы лавинообразования и методы их прогнозирования;
- уточнить условия образования лавин Крымского полуострова.

## 1 Физико-географические условия Крымского полуострова

### 1.1 Особенности рельефа территории

Крымский полуостров расположен на юге России. Широта южной Франции или северной Италии. С востока берега Крымского полуострова омывают воды Азовского моря, а с запада и с юга – Чёрного моря. Полуостров Крым соединён с континентом всего лишь по узкому перешейку, максимум восемь километров в ширину.

В состав Крымского полуострова включены также два полуострова: Керченский, он расположен на востоке между Чёрным и Азовскими морями, Тарханкутский, занимает западную часть Крымского полуострова .

Крымский полуостров омывается Черным и Азовским морями. В северной части простирается равнина, на юге – Крымские горы. Расположен в пределах  $44^{\circ}23'$  (мыс Сарыч) и  $46^{\circ}15'$  (Перекопский ров) северной широты,  $32^{\circ}30'$  (мыс Карамрун) и  $36^{\circ}40'$  (мыс Фонарь) восточной долготы.

Площадь составляет 26,0 тыс. км. Максимальное расстояние с севера на юг 205 км, с запада на восток – 325 км.

Физико-географическое положение Крымского полуострова отличается следующими наиболее характерными особенностями: прежде всего, полуостров расположен на широте  $45^{\circ}$  северной широты и определяет свое уравнение от экватора и Северного полюса, что связано с довольно большим количеством поступающей солнечной энергии и большим количеством часов (рисунок 1.1) [28, с. 121].

Во-вторых, Крым почти остров. С одной стороны, это связано с большим количеством эндемиков (видов растений, которые не были обнаружены в этой области или где-либо еще) и эндемов (видов животных). С другой стороны, это объясняет значительную потерю крымской фауны. Кроме того, личность природы объясняется значительным влиянием морской среды. В-третьих, положение полуострова особенно важно при общей циркуляции атмосферы

Земли, что приводит к преобладанию сильных ветров на Крымском полуострове[4, с.203].



Рисунок 1.1- Карта физико-географического положения Крымского полуострова

Геология и рельеф. Современный рельеф Крымского полуострова формировался длительное время. На него значительное влияние оказывали тектонические движения, колебания уровня моря, современные рельефообразующие процессы (выветривание, лавины, сели, работа поверхностных вод, карст).

Рельеф любой территории, прежде всего, зависит от тектонического строения. Крымский полуостров расположен в пределах двух больших тектонических структур – Скифской плиты и Альпийской геосинклинальной складчатой области.

Керченский полуостров имеет сложное геологическое строение. Внутри образуется система складок, которая образуется при боковом сжатии, что

определило уникальное осветление этой части Крымского полуострова.

Таким образом, по геологическому строению местности Крымский полуостров делится на три неравных части по рельефу: чистый Крымский полуостров, Керченский полуостров с уникальной наклонно-волнистой ровной поверхностью и горный местности на Крымском полуострове (рисунок 1.2).

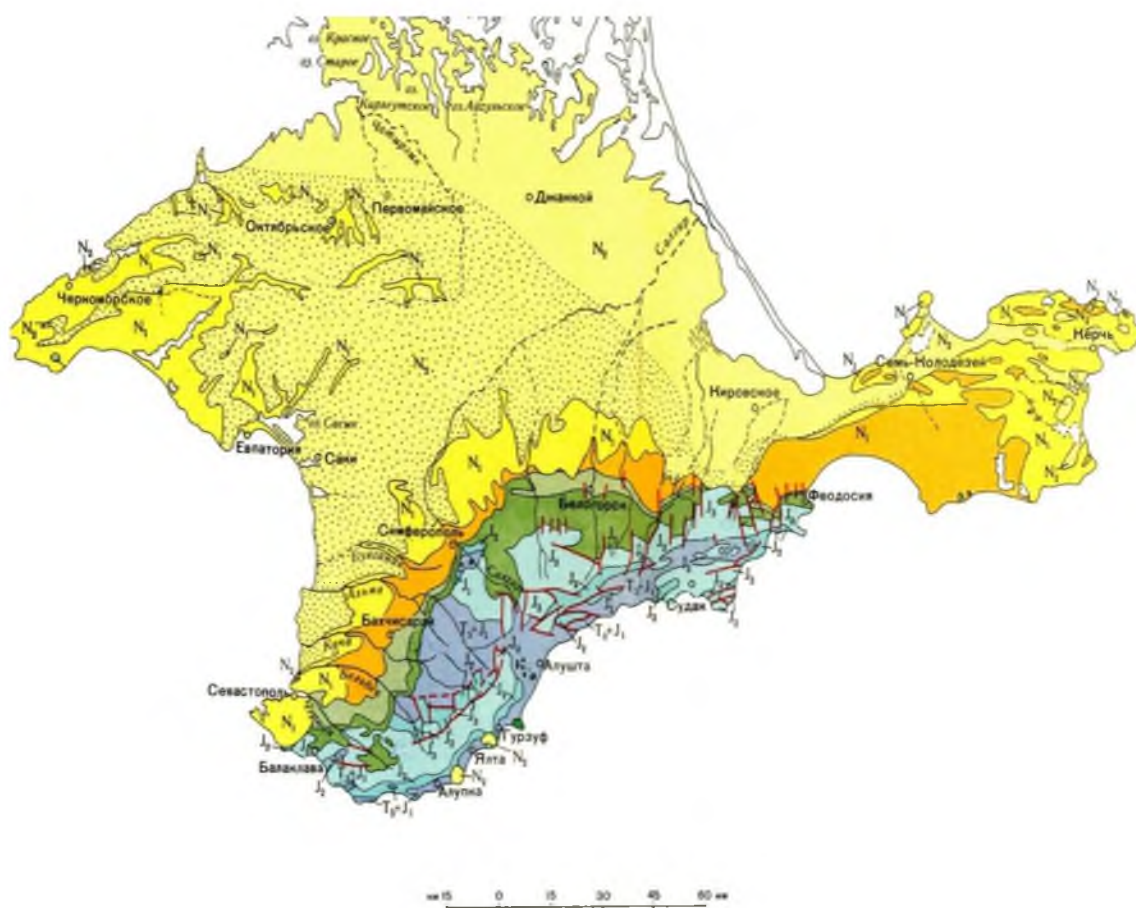


Рисунок 1.2 - Карта геологического строения Крымского полуострова

Степной Крым занимает большую часть полуострова, северной и центральной части. Низкие равнины (0,5–30 м в высоту) - преобладают Присиваш, Индол, Альминск (Евпатория). Возвышенные равнины: Тарханкская, Центральный Крым, Керчь - занимают чуть более значительную площадь.

В целом рельеф полуострова благоприятен для освоения сельскохозяйственных угодий, строительства дорог и строительства. Скалами обычно называют равнины, высота которых превышает 200 метров. В

Тарханкуте самая высокая вершина - всего 179 метров [3, с. 7-13].

Внутренние воды Крымского полуострова. В Крыму насчитывается более 1657 постоянных и временных ручьев (рек, ручьев, мельниц и крупных рек) общей протяженностью 5999 км, в том числе около 150 рек. Реки Крымского полуострова относятся к бассейнам Азовского моря. Рельеф и климатические характеристики Крымского полуострова резко изменили гидрографическую сеть низменных и горных районов. Горный Крым является основным районом питания рек и характеризуется сетью плотно развитых рек. Здесь протекают практически все реки Крымского полуострова.

Наибольший коэффициент густой речной сети наблюдается в западной части южного склона основной горной цепи. Плотность речной сети на северном склоне главной горной цепи и предгорий меньше, чем на юге. Крым беден поверхностными водами. Его гидрографическая сеть представлена конечными участками рек, вытекающих из гор и сухих волн, которые наполняются водой только во время проливных дождей или снегопадов. Крым характеризуется потерей речного стока.

Благодаря прибрежному положению, здесь были созданы важные spa-центры. Основным из них является Евпатория. Диапазон географических особенностей района исследования определяет природные и социально-экономические условия жизни человека [12, с.35-39].

Горный Крым представляет собой крупную складную геосинклинальную структуру. В узком, глубоком геосинклинали толстый слой породы накапливался в складках во время юрского геологического периода мезозойской эры, а затем поднимался. В отличие от платформ, здесь нет «слоя» горизонтально расположенных осадочных пород. Земля, на которой образовались Крымские горы, была одной из самых больших частей гигантских альпийских геосинклиналей, в которые входили горы Южной Европы (Альпы, Карпаты) и Кавказа.

На юге полуострова он представлен несколькими горными хребтами,



которые проходят параллельно побережью, с юго-запада на северо-восток. Из-за арочного расположения горных хребтов они почти параллельны друг другу, а из-за их увеличения на юге они выглядят как ступени постамента памятника. Но на месте «памятника» находится глубина Чёрного моря [1,145].

Типичный рельеф южного макросклона Крымских гор на рассматриваемом участке представляет собой чередование относительно нешироких (до нескольких сотен метров) водораздельных гребней с абсолютными отметками от 220-240 м до 350-450 м и V-образных эрозионных долин. Более детальный анализ выявил определенную закономерность распределения основных форм рельефа – эрозионные долины, примыкающие к водораздельным участкам с более высокими абсолютными отметками, во многих случаях являются более глубоковрезанными, чем эрозионные долины, прорезающие поверхности с более низкими абсолютными отметками. Днища последних на сопредельных участках располагаются на 40-60 м выше, днища глубоковрезанных эрозионных долин.

Описанные особенности указывают, с одной стороны, на более молодой возраст поверхностей с абсолютными отметками 220-240 м, а с другой стороны, дают возможность предположить вложенный, аккумулятивный характер более поздних форм рельефа.

Изучение отложений, слагающих водораздельные участки на рассматриваемой территории, показало, что они повсеместно представлены флишевыми образованиями таврической серии – переслаиванием (с различной степенью ритмичности и дислоцированности) аргиллитов и алевропесчаников, что и предопределяло представления о практически полном отсутствии на рассматриваемых участках водоразделов четвертичных отложений. Вместе с тем, при проведении среднемасштабных съемочных работ был выявлен ряд особенностей в характере залегания образований таврического флиша [8, с.387].

В пределах более древних «высоких» водораздельных поверхностей

флишевые образования характеризуются достаточно выдержанным, хорошо прослеживаемым характером залегания (общее падение в северо-западных румбах с углами  $25^{\circ}$ - $45^{\circ}$  при нормальном залегании), который фиксируется на достаточно значительных расстояниях, что безусловно характерно для коренного залегания. В сторону моря «высокие» водораздельные поверхности обрываются достаточно крутыми уступами высотой до 300 м, в ряде случаев, осложнённые современными блоковыми оползнями. В основании высоких уступов практически отсутствуют морские террасы.

В отличие от «высоких» поверхностей, флишевые образования, формирующие более молодые, «низкие» водораздельные поверхности, характеризуются резкой сменой характера залегания (как по простиранию (в десятки градусов), так и по падению (от пологонаклонного до субвертикального), а также по разрезу (от нормального залегания до обратного)) на коротких расстояниях (от первых метров до первых десятков метров), что более типично для зон, слагаемых перемещенными пачками, блоками и пластинами, а не для отложений в коренном залегании. При этом зоны контактов отдельных блоков и пластин, что хорошо видно в эрозионных уступах, выработанных в пределах «низких» водораздельных поверхностей, представлены зонами смятия, образуемыми перемятой массой аргиллитов, в которую «вкраплены» отдельные угловатые обломки алевропесчаников различного размера [9, с.203].

Для «низких» водораздельных поверхностей характерно постепенное понижение отметок в сторону моря, а в прибрежной зоне в их пределах достаточно хорошо прослеживается серия эрозионно-аккумулятивных уровней (террас). Изучение строения береговых клифов высотой 18-20 м, выработанных в краевых частях «низких» водораздельных поверхностей, показало, что они слагаются дезинтегрированной массой, состоящей из аргиллитов и алевропесчаников. Общий облик толщи имеет флюидоподобный характер. Разрез представлен песчаниками, краевые части которых имеют следы

механического воздействия, приобретая псевдоокатанность. Отдельные зоны обогащены крупноглыбовыми развалами известняков.

Участками, в крупных блоках, прослеживаются деформированные фрагменты первичного залегания алевропесчаников и известняков. В массиве наблюдаются многочисленные плоскости внутренних сдвигов, выполненные глинками трения шириной 2-3 см. Формирование такого рода зон плоскостей скольжения и сдвига, по-видимому, связано с различной скоростью смещения отдельных пластин и блоков пород относительно друг друга при перемещении. Следует подчеркнуть, что описанные толщи «уходят» под уровень моря [27, с.197].

Описанные особенности строения толщ, формирующих в современном рельефе южного макросклона Крымских гор «низкие» водораздельные поверхности, однозначно указывает, что их генезис обусловлен гравитационным перемещением материала. Существенная дезинтегрированность материала, флюидоподобный характер перемещения, существенная дальность перемещения (на что указывает наличие глыб известняков, коренные выходы которых имеются только в приводораздельной части Главной гряды Крымских гор) позволяет относить выявленные проявления склоновых процессов к крупномасштабным каменным лавинам [24, с.106-107].

## 1.2 Колебания климата на Крымском полуострове

Климат Крыма можно считать частью южного региона с антиклиническим климатом, с преобладанием умеренно-континентального воздуха и субтропической атмосферной циркуляции. Основные факторы, формирующие климат Крымского полуострова: рельеф и особенности движения воздушных масс.

Крым расположен в своем географическом положении в умеренной зоне.

Однако влияние гор и гор меняет его климат. Из-за регулирующего воздействия моря среднегодовая температура на Крымском полуострове на 1,1-1,3°C выше, чем в других регионах той же широты. Основной горный массив - природно-климатическая граница между Пластическим Крымом и Южным берегом. На горы Крыма влияет температура, которая уменьшается с высотой, а во время осадков увеличивается с увеличением высоты.

Среднегодовая температура воздуха 9-11,5°C. Средняя летняя температура в этом регионе типична для июля плюс 23-24°C: максимум 35-39 °С. Средняя температура в самом холодном месяце февраля составляет от 2 до 5°C, а в самые холодные дни морозы достигают минус 28-37 градусов. Регион характеризуется острым материком, продолжительным вегетационным периодом и засухой. Среднегодовое количество осадков составляет 325–450 мм, в холодную погоду - 100–200 мм (ноябрь-апрель), а в теплое время года - 160–300 мм [2, с.128-131].

Климатическими характеристиками Западного Крымского полуострова, изменения которых существенно влияют на развитие его ландшафтов, а также на изменение условий жизни населения, являются климатические нормы осадков в течение зимнего и летнего сезонов, а также средняя температура поверхности.

Эти характеристики рассчитываются в среднем за те или иные 30 лет на основе результатов оперативных измерений соответствующих погодных условий, которые были зафиксированы в месяцы с ноября по март-май до сентября.

Увеличение осадков приводит к увеличению количества эрозионно опасных ливней на протяжении года. На Крымском полуострове в среднем 80–85% годовой суммы осадков выпадает в виде дождя. На долю твёрдых осадков приходится менее 10%, смешанных – 5–8%. В горах доля жидких осадков уменьшается с высотой.

На Крымском полуострове прослеживается 11-летняя периодизация динамики показателей суммы годовых осадков в регионе, прогнозируется рост данного показателя в будущем. Потенциальная гидрометеорологическая опасность отражена на рисунке 1.3.

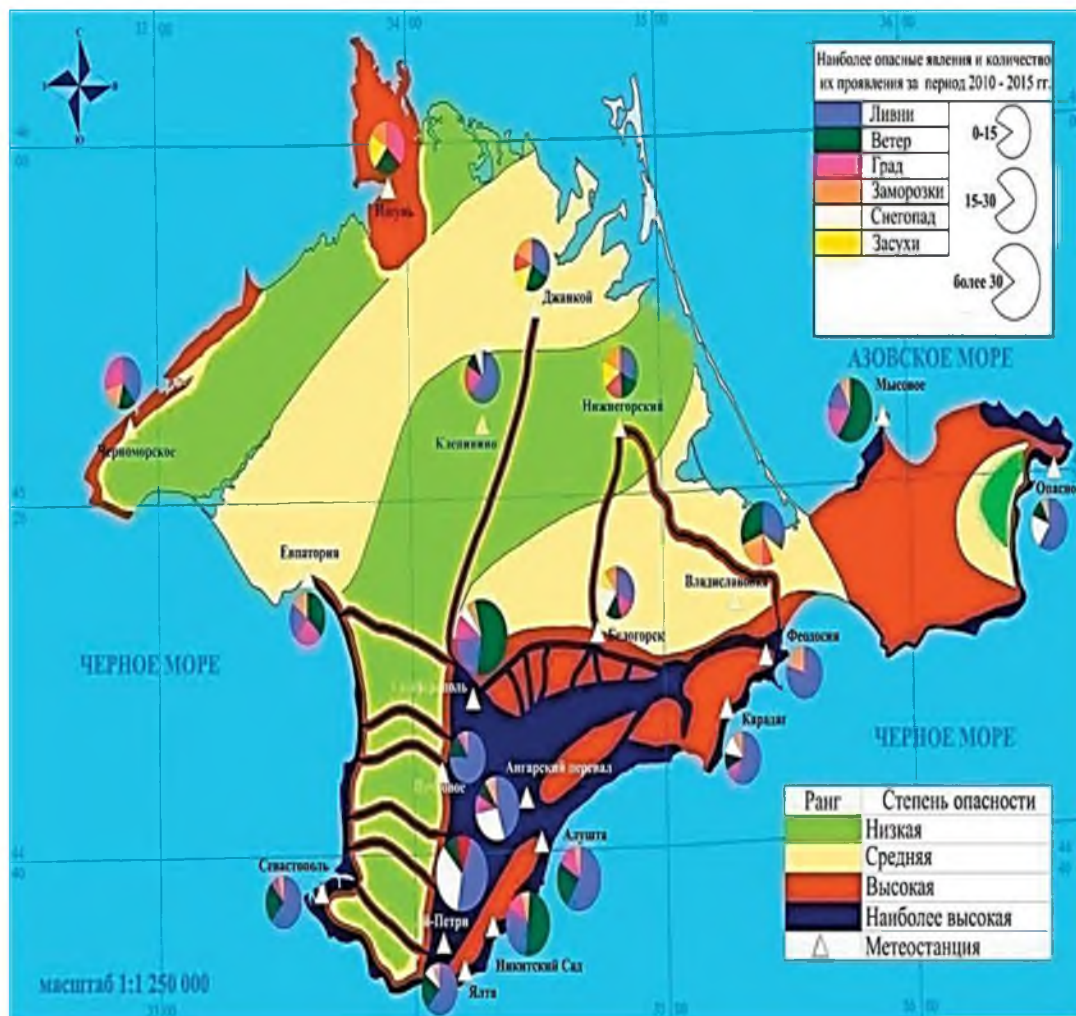


Рисунок 1.3 – Потенциальная гидрометеорологическая опасность

Увеличение количества осадков происходит в основном из-за стока дождевой воды, что приводит к водной эрозии. Эта тенденция может быть катастрофической для агрономов в эрозии в будущем [30, с.18-20].

Максимальная скорость ветра и количество сильных ветровых дней в году наблюдаются в конце зимы - начале весны, а наименьшая - летом. Чаще всего такие ветры бывают северо-восточные или западные (рисунок 1.1).

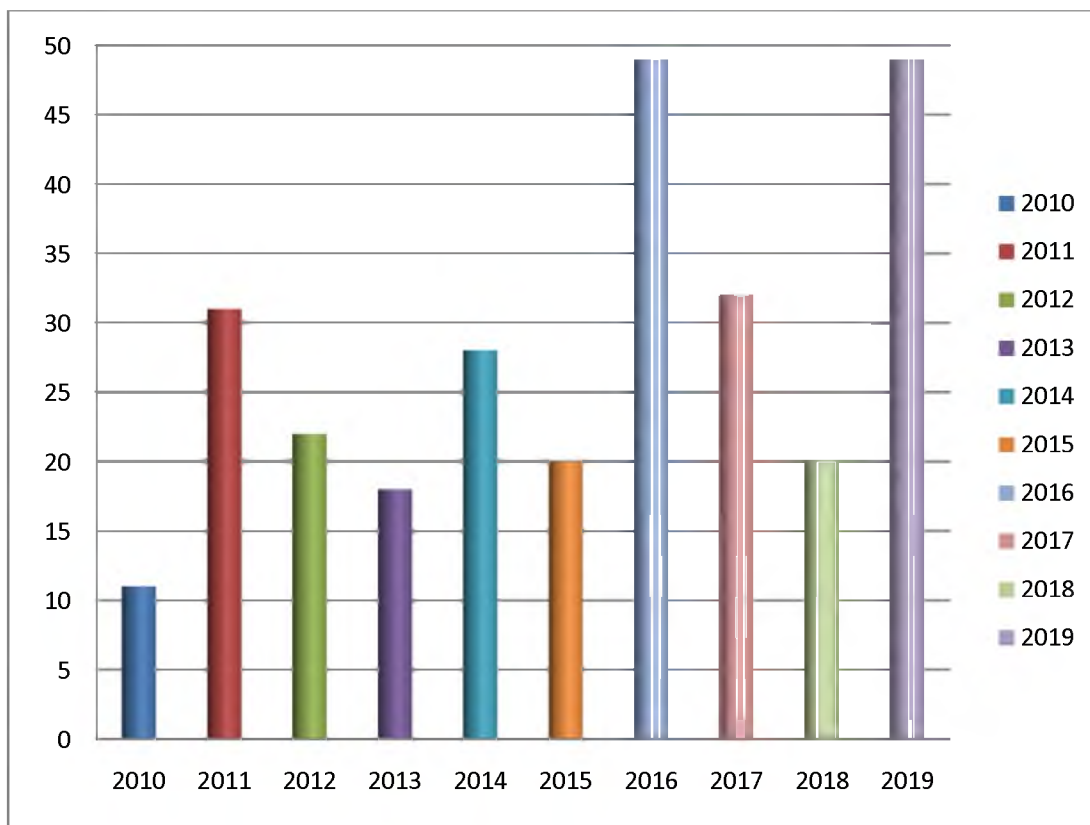


Рисунок 1.4 – Число дней с сильным ветром в Симферополе (составлено автором по фондовым данным ФГБУ «Крымское УГМС»)

Самое сильное потепление на Крымском полуострове наблюдалось за последние 30 лет. Согласно данным, средняя температура в феврале-марте, июне-августе и ноябре увеличилась примерно на 3 ° С. В высокогорьях и в предгорьях Крымского полуострова эти показатели возрастут, что негативно скажется на состоянии почвенного покрова и может вызвать ряд явлений сухой погоды, которые уже происходят на полуострове, таких как засухи и сухие ветры.

Сильные ветры (более 12 м / с) повторяются неодинаково часто в разных частях Крымского полуострова. В течение года с самым сильным ветром самая высокая скорость в течение дня наблюдается на яйцах крымских гор, самая низкая в некоторых частях южного побережья.

С 1915 года на метеостанции Евпатория ведутся изменения и мониторинг изменчивости температуры в приземном слое атмосферы Западного Крыма.

Выяснилось, что значения наблюдаемых характеристик климата этого региона существенно изменились за период наблюдений [31, с.87].

Причинами подобных изменений могут являться как глобальные, так и региональные факторы. К числу последних относятся характеристики приходящих на Западный Крымский полуостров воздушных масс (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Вероятность проявления сильных ветров

Летом осадки в западном Крыму в основном вызваны атлантическими циклонами, которые приходят с северо-запада. Зимой их сюда приносят в основном средиземноморские циклоны, идущие с юго-запада. Понятно, что в любое время года воздух, приносящий осадки в западный Крым, проходит через огромные водные пространства в северо-западной части моря ЮВ. Это приводит к трансформации соответствующих воздушных масс, при которых их

средняя температура и влажность изменяются.

Специфика такой трансформации существенно зависит от средней температуры указанной акватории. Последнее свидетельствует о существенной взаимосвязи между изменениями.

В течение летнего сезона мониторинг изменчивости приземной температуры в северо-западной части проводится многими морскими экспедициями.

Зимой таких наблюдений гораздо меньше. Для качественного анализа трендов изучаемых процессов соответствующие ряды данных могут быть получены путем изменения климатических норм изучаемых характеристик акватории путем разработки соответствующих результатов преобразования среднемесячных значений средней температуры ее поверхности [22, с.149].



2 Лавины, их классификация, факторы лавинообразования и методы их прогнозирования

### 2.1 Классификация лавин по типу

Движение снега на склоне ниже нескольких сантиметров называется лавиной.

Лавины могут варьироваться от нескольких кубических метров до десятков миллионов кубических метров и преодолевать несколько километров в секунду со скоростью до 200 метров в секунду.

Участок лавинного очага в целом можно разделить на три части: зона образования (накопления), зона схода (транзита) и зона аккумуляирования (отложения) снежной массы лавинного потока.

В свою очередь в лавинном очаге можно выделить его отдельные составные элементы.

По форме лавинные очаги бывают двух типов:

Воронкообразные – расширяющиеся к низу, ограниченные с боков и относительно небольшой ширины, но в виде протяжённых участков склона. Например, в виде кулуаров и протяжённых понижений склона – ложбин, желобов, логов, лотков и пр.

Площадные – охватывающие большие площади по отношению к их протяжённости и без рельефных ограничений с боков.

В пределах своей протяженности лавинные очаги, в свою очередь, состоят из четырёх составляющих их частей: участка снегосбора, подложки, участка перемещения, конуса выноса или зоны аккумуляирования [25, с.125-126].

Участок снегосбора – верхняя часть лавинного очага в виде узкого кулуара, чашеобразного места и даже полого наклонного, отгороженного слегка выступающей над подложкой относительно поперечной грядой или густой сетью местных предметов, за которыми скапливается свежавыпавший снег.

Участок снегосбора часто служит только пусковым механизмом, а лавинный поток формируется за счёт сноса снежной массы по пути движения.

Подложка или подстилающий слой – основание, на котором скапливаются выпадающие снежные осадки, т.е. ложе снежного покрова. Для снежной массы снегосбора подстилающий слой служит начальной зоной участка перемещения [6, с.291-296].

Участок перемещения – протяжённый участок лавинного очага от снегосбора и до зоны отложения, вдоль которого происходит движение снежного лавинного потока.

Конус выноса – подножье лотковых лавин, где происходит отложение лавинной массы после схода лавин (место остановки), которое в малых горах превращается в лавинные бугры.

Зона аккумуляирования – подножье склонов и речные долины, являющиеся местами выноса и остановки площадных лавин и лавин в целом.

Лавины от линии являются наиболее опасным видом, так как огромное количество снега на большой территории немедленно передается в движение, и этот снег быстро набирает высокую скорость.

Если вы попали в такую лавину, из нее практически невозможно выбраться (рисунок 2.1).

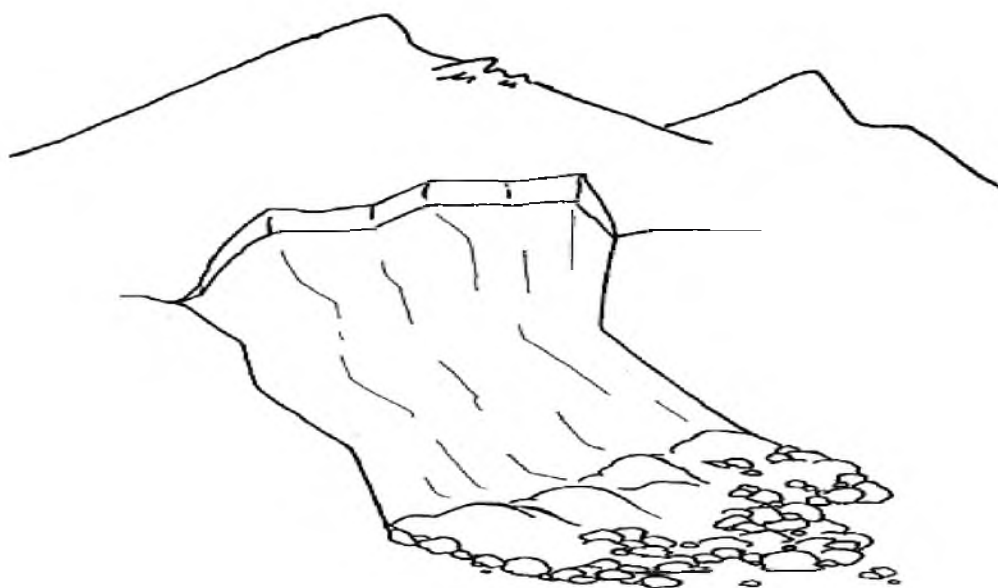


Рисунок 2.1 – Лавина от линии

Есть лавины от линии (так называемые снежные доски). Это классические лавины, которые начинаются с небольшого снежного кома и затем доходят до нижней части склона. Более 90% бед от лавин происходит именно в видах данного вида, поэтому их называют лавинами туристического типа.

И наоборот, некоторые точечные лавины начинаются с небольшого количества снега и движутся с относительно низкой скоростью в течение относительно длительного времени, что часто позволяет покинуть опасную зону. В течение весенне-летнего периода лавины представляют серьезную угрозу, или когда люди в узком ущелье или поблизости падают в него (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2– Лавина из точки

Лавины разных генетических типов не только имеют разные динамические характеристики, но и формируются под преимущественным влиянием разных факторов.

Лавины мокрого снега можно охарактеризовать гидродинамическими

моделями, описывающими движение вязкого потока. Определение коэффициентов кинетического и турбулентного контакта является отдельной проблемой [14, с.537].

Свежие снежные лавины могут быть описаны как рассеянная система. Смешанные снежные лавины имеют более сложную динамику и являются не столько объектом, сколько нелинейным процессом (таблица 2.1).

Таблица 2.1- Генетические типы лавин и их средние характеристики

Генетический тип лавины	Плотность лавинообразующего снега, г/см <sup>3</sup>	Характер движения лавины	Макс. объём лавины, тыс. м <sup>3</sup>	Макс. дальность выброса лавины, м	Макс. скорость лавины, м/с	Преобладающие процессы, определяющие генезис лавин
I Генетический класс лавин: сингенетические лавины						
Метелевого снега (снежная доска)	0,20 - 0,50	Ламинарный Скольжение	5.0	400	30	Синоптические и гидрометеорологические процессы
Снеготаяния	0,15 - 0,50	Ламинарный Вязкое течение	5.0	300	15	Синоптические и гидрометеорологические процессы
Свежевыпавшего снега	0,05 - 0,15	Турбулентный	10.0	500	40	Синоптические и гидрометеорологические процессы
II Генетический класс лавин: эпигенетические лавины						
Перекристаллизованного снега	0,22 - 0,38	Турбулентный Волновой процесс	>50.0	>1000	>80	Геофизические процессы в снежной толще
Смешанного перекристаллизованного и сухого свежевыпавшего снега	0,25 - 0,35	Турбулентный Волновой процесс	>1400.0	3800	>80	Геофизические процессы в снежной толще в сочетании с гидрометеорологическими процессами
Смешанного перекристаллизованного и сухого метелевого снега	0,25 - 0,45	Турбулентный Волновой процесс	>1000.0	>2000	>80	Геофизические процессы в снежной толще в сочетании с гидрометеорологическими процессами

Продолжение таблицы 2.1

Смешанного перекристаллизированного и мокрого снега	0,35 - 0,50	Турбулентный Волновой процесс	100.0	1200	50	Геофизические процессы в снежной толще в сочетании с гидрометеорологическими процессами
---	-------------	-------------------------------	-------	------	----	---

Лавинные процессы следует описывать не как гидрологические или гравитационные явления, а как сложные сложности внутри синергетических идей, суть которых может быть сведена к тому факту, что ни один из отдельных факторов в этой системе не может привести к ожидаемому результату без влияния других факторов, приводя к самоорганизации структур.

Одной из важнейших проблем является построение генетической классификации таких процессов, которая учитывает динамику лавин. Такая классификация является основой для определения преобладающих физических процессов в системе, определения динамики лавин и выбора типов физических моделей [21, с.199].

Лавины могут состоять из сухого, чистого снега, но они также могут содержать определенное количество типов промежуточного или смешанного движения, состоящего из относительно свободной воды и скалистых скоплений, застрявших на дороге. Нет четких границ, которые отделяли бы материальный состав лавины от других типов быстрого движения материала вдоль склона.

Сухие лавины на сноуборде показывают тип промежуточного или смешанного движения, состоящего из относительно плотного нижнего и пыльного верхнего слоя. При достаточно сбалансированном или промежуточном движении довольно быстрые сухие лавины создают значительную зону сжатия воздуха или воздушную волну.

Специальный легкий верхний слой сухой лавины может продолжать движение после остановки своей основной массы. Это явление называется

потоком снега или волной. Фактически, волна сжатия воздуха и снежная волна, когда они учитываются на практике, обычно объединяются под именем или вторым именем. При изучении лавинной пещеры были определены общие ведущие факторы для различных горных районов и определен характер их влияния на формирование лавины (таблица 2.2).

Таблица 2.2 Классификация лавинообразующих факторов

Факторы	Воздействие на лавинообразование
А. Постоянные факторы	
1. Условия подстилающей поверхности	
1.1. Относительная высота, общая топографическая ситуация:	Определяют глубину расчленения (высоту падения лавин) и заснеженность в зависимости от широты места и абсолютной высоты и ориентации хребтов
зона гребней и высоких плато	Сильное влияние ветра на распределение снега, снежные карнизы, локальные лавины из снежных досок
зона между гребнями и верхней границей леса	Метелевое снегонакопление, обширная зона формирования лавин из снежных досок
зона ниже верхней границы леса	Уменьшение влияния ветра на перераспределение снега, уменьшение количества лавин из твердых досок, преобладание лавин из мягких досок
1.2. Крутизна склона	Определяет критическую высоту снега
> 35о	Часто формируются лавины из рыхлого снега
> 25о	Часто формируются лавины из снежных досок
> 15о	Течение снега, нижний предел формирования лавин
< 20о	Течение снега, отложение лавинного снега. Возможно возникновение лавин из насыщенного водой снега, сходящих со склонов очень малой крутизны
1.3. Ориентация склона:	Влияет на снежность, типы лавин
по отношению к Солнцу	На затененных склонах увеличение лавин из снежных досок, на солнечных - увеличение количества мокрых лавин (при равных снегозапасах)
по отношению к ветру	На подветренных склонах повышенное снегоотложение, увеличение количества лавин из снежных досок, на наветренных склонах противоположное воздействие
1.4. Конфигурация	Влияет на снежность, типы лавин

Продолжение таблицы 2.2

Ровный склон	Неканализованные лавины (осовы) из снежных досок и рыхлого снега
лотки, воронки, кары	Места концентрации снега, канализованные (лотковые) лавины преимущественно из снежных досок
Изменения крутизны склона по продольному профилю	На выпуклых склонах часто располагается линия отрыва лавин из снежных досок, на крутых склонах – точки возникновения рыхлых лавин, существенное влияние на критическую высоту снега, прыгающие лавины
Уступы в рельефе	Под ними часто возникают лавины из рыхлого снега
1.5. Шероховатость поверхности	Влияет на критическую толщину снега
Гладкая поверхность	Малая критическая толщина, лавины поверхностного слоя
Выступающие препятствия (скалы, поперечные гряды)	Большая критическая толщина, лавины полной глубины
Растительность	Трава – способствует срыву снега, лавины полной глубины; кусты – пока не покрыты полностью снегом препятствуют, сходу лавин; лес – если достаточно плотный, то препятствует зарождению лавин
Б. Переменные факторы	
2. Текущая погода (за период до 5 дней назад)	
2.1. Снегопады:	Возрастание нагрузки. Увеличение массы неустойчивого материала.
Тип нового снега	Пушистый снег – рыхлые лавины Связный снег – лавины из снежных досок
Суточный прирост снега	Возрастание нестабильности снега с увеличением толщины снежного покрова. Отрыв возможен как в новом, так и в старом снеге.
Интенсивность снегопада	Прогрессирующая неустойчивость при более высокой интенсивности, увеличение количества лавин из свежавыпавшего снега, возрастание опасности схода лавин с пологих склонов
2.2. Дожди	Способствует сходу мокрых рыхлых или мягких пластовых лавин; возможно возникновение водоснежных потоков и снежно-грунтовых оползней
2.3. Ветры	Создают локальную перегрузку снега на склонах, формируют снежные доски и неустойчивую стратиграфию

Продолжение таблицы 2.2

Направление	Повышенная опасность образования пластовых лавин на подветренных склонах; образование карнизов
Скорость и продолжительность	С их увеличением растет вероятность локального обрушения пластовых лавин
2.4. Тепловые условия	Неоднозначное влияние на прочность снега и напряжения внутри снежной толщи. Как понижение, так и повышение температуры могут приводить к неустойчивости
Температура снега и содержание в нем свободной воды	Повышение температуры до точки плавления приводит к появлению свободной воды в снеге, что может вызвать его неустойчивость
Температура воздуха	Одинаковый эффект для склонов всех экспозиций, сильное похолодание способствует развитию неустойчивости за счет градиентного метаморфизма
Солнечная радиация	На склонах солнечной экспозиции развитие неустойчивости за счет развития радиационных оттепелей
Тепловое излучение	Выхолаживание снежной поверхности ночью и в тени, существенное при безоблачном небе, способствует образованию поверхностной и глубинной изморози
3. Условия в старом снежном покрове (интегральное влияние предшествующих условий погоды и погоды за весь зимний сезон)	
3.1. Общая высота снега	Не основной фактор лавинной опасности. Сглаживание шероховатостей поверхности склона. Влияет на массу лавины, сходящей по грунту. Влияет на процесс градиентного метаморфизма.
3.2. Стратиграфия	Устойчивость толщи на склоне контролируется наличием ослабленных слоев с учетом напряжений
Старые поверхностные слои	Состояние – рыхлость (поверхностный иней), хрупкость, шероховатость – важны при последующих снегопадах
Внутреннее строение снежного покрова	Сложное строение, ослабленные прослойки, ледяные корки ведут к развитию неустойчивости

Обрушение лавин от плоских склонов происходит на широком фронте. Мокрые лавины называются текучими, сухие - пыльными. Турбулентные сухие



лавины характеризуются тем, что почти весь снег приостановлен.

Следует отметить, что влияние на процесс формирования лавины оказывают не только вышеперечисленные факторы, но и их сочетание. Многие процессы уже происходят на поверхности земли во время перемещения снега. Снег и размер снежных кристаллов, характер пласта и плотность поверхностного слоя определяются температурой воздуха, направлением ветра и скоростью, снегом и параметрами подстилающей поверхности. Преобладание определенного типа метаморфизма снежной массы является функцией действия факторов, которые преобладают в характере его эволюции.

На основании многолетних наблюдений были найдены количественные показатели лавинно-этиологических факторов происхождения лавин (интенсивность осадков, увеличение снежного покрова и скорость ветра) и характеристики режима тумана в некоторых горных районах, что в определенной степени свидетельствует о возможности возникновения лавин. Простейшие методы прогнозирования основаны на сравнении текущих и прогнозируемых значений снега и метеорологических характеристик, которые имеют критические значения [10, с.179].

## 2.2 Методы определения лавинной опасности

Наиболее лавиноопасными являются участки, расположенные под крутыми углублениями, врезанными в склон, узкими кулуарами, логами, желобами и им подобными элементами горного рельефа, являющиеся эффективными снегонакопителями.

Потенциально опасны, как указывалось, также склоны, которые находятся под нависающими карнизами и снежными «шапками». После их обрушения не только они сами образуют лавины, но могут стать пусковым механизмом мощных лавин снежных покровов, находящихся на пути их движения.

О лавиноопасности также свидетельствует отсутствие на склонах старых

хвойных деревьев, которые ранее были вырваны с корнем или срезаны лавинами. Подтверждением служит наличие на их месте лиственных пород с пригнутыми снежным потоком стволами в сторону подножья склона, а также с частично или полностью удалёнными ветками.

Благоприятны для схода лавин безлесные склоны, а также покрытые редколесьем, в отличие от лесистых, которые препятствуют переносу снега ветром и образованию участков обильного накопления снежной массы.

Склоны, густо поросшие лесом и кустарниками, а также покрытые крупными глыбами обломочных горных пород и со скальными выходами не относятся к лавиноопасным, но могут служить участками перемещения транзитных лавин, снежных потоков, сформировавшихся над ними [5, с.199].

Во многих странах созданы лавинные службы для проверки систем устойчивости на глубине снега. Ослабленные слои обнаруживаются во время испытаний, и оценивается сила, необходимая для перемещения слоя снега по определенной горной цепи (центр лавины). Более того, для оценки используются как количественные, так и качественные решения. Использование простейших подручных средств (лопаты, лыжи) позволяет определить степень опасности на берегу горы не только для профессионалов, но и для альпинистов и отдыхающих. В некоторых странах тестовое мастерство является частью обязательной программы обучения лыжам и альпинизму. Больше внимание уделяется таким испытаниям, поскольку основное внимание уделяется людям, которые являются жертвами лавинных бедствий.

Так называемое «испытание на сдвиг лопаты» проводится на снежной глыбе, врезанной в снег (рисунок 2.3 ). Субъективный показатель устойчивости снега необходим для удаления снежного блока, который был качественно оценен. На основании наблюдений сделаны выводы о степени лавинной опасности на склонах [17, с.28].

Если снег очень неустойчивый, слабый слой сразу же выйдет, как только все четыре грани блока будут разрезаны. Если разделения нет, вы можете

вызвать его, наклонив блок на склоне.

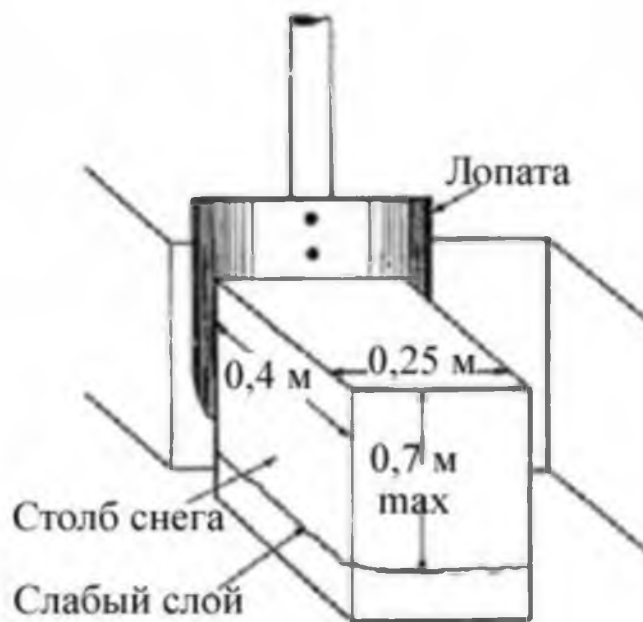


Рисунок 2.3 — «Тест лопатой» (Shovel Shear Test)

Тест Рутшблока (скользящего блока), разработанный Швейцарским научно-исследовательским институтом снежной лавины в последние годы, использовался в последние годы для испытания снега. Проверка снежного покрова на склоне выполняется лыжником на срезанных под толщей снега блоках (рисунок 2.4).

Лыжник выполняет 7 специальных действий, которые расположены сверху снежного блока и перемещаются рядом с ним, последовательно увеличивая нагрузку. Тесты выполняются до разрушения блока.

Интерпретация полученных результатов: определение степени опасности для ладони - осуществляется в соответствии со стандартами, разработанными в ряде стран. В простейшем снегу отказ в течение 1-3 операций означает нестабильное состояние снежного слоя на склоне, что мешает лыжнику работать. В 4-5 предполагается устойчивое состояние, однако, отдельный лыжник может вызвать обвал лавины. 6-7 - крах сорняков лыжником маловероятен.



Рисунок 2.4 - «Тест скользящего блока» (RutschblockTest)

Значительный размер испытательного блока (порядка величины около реального снежного слоя на склоне) отличает этот тест от многих других.

Испытания проводятся на разных частотах (удар, резкость) с определенной частотой, что позволяет выявить изменения массы снега и определить направление процесса метаморфизма.

Хотя такие эксперименты часто дают довольно хорошие результаты, важно понимать, что стабильность всего склона не может быть определена одним тестом. Результаты могут сильно различаться в зависимости от того, на какой части склона был выполнен тест.

Сложность использования тестов для оценки риска схода лавин связана с отсутствием расчета веса тестируемого лыжника и субъективным определением предпринятых усилий.

Благодаря своей простоте и высокой надежности, тесты устойчивости снежного покрова широко используются для определения степени риска пасты. Результаты испытаний учитываются как в локальных, так и в лавинных прогнозах.

Полевые наблюдения являются наиболее эффективным способом

определения вероятности долгосрочных лавин развития [15].

Регулярные наблюдения за снегом включают изучение стратегии слоев снега, измерение толщины снежного покрова, определение физико-механических свойств плотности снега, плотной плотности, временных разрезов, сопротивления разрыву, твердости и предельной прочности.

Измерения проводятся в безопасных районах с прямым доступом к лавинным источникам, которые, насколько это возможно, имеют параметры, аналогичные параметрам на опасных склонах (таблица 2.3).

Таблица 2.3– Вероятность появления зим без лавин

Высота снежного покрова ( $h_m$ ), см	10 – 30	30 – 50	50 – 70	70 – 100	100 – 150	> 150
Вероятность	0,99	0,95	0,9	0,75	0,45	0,25

Методом генерации случайных чисел каждому члену вариационного ряда значений высоты снежного покрова присваивается значение в интервале от 0 до 1. Если случайная величина меньше соответствующего значения вероятности, то год считается безлавинным. Объём лавин для него не рассчитывается. Таким же методом определяются зимы с максимальными сухими и мокрыми лавинами, а также зимы, когда максимальными являются лавины с точечным или площадными отрывами. Вероятность появления зим с максимальными по объёмам сухими лавинами определяется по её зависимости от средней месячной температуры воздуха в январе (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Вероятность появления зим с максимальными по объёмам сухими лавинами

Температура воздуха в январе, °С	0 – –5	–5 – –10	–10 – –15	ниже –15
Вероятность	0,1 – 0,3	0,25 – 0,5	0,4 – 0,8	0,7 – 0,9

Вероятность появления зим с максимальными по объёмам лавинами с точечным отрывом зависит от высоты снежного покрова ( $h_m$ ) (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Вероятность появления зим с максимальными по объёмам лавинами с точечным отрывом

Высота снежного покрова ( $h_m$ ), см	< 30	30 – 50	50 – 70	> 70
Вероятность	1	0,8	0,2	0

При отсутствии фактических данных продолжительность лавиноопасного периода определяется по таблице 2.6

Таблица 2.6 – Продолжительность лавиноопасного периода  $N_{ло}$  в днях в зависимости от значений средней многолетней величины максимальной декадной высоты снежного покрова  $H_{cp}$  и числа дней со снежным покровом  $N_{сп}$ .

$H_{cp}$ , см	$N_{сп}$ , число дней							
	75	100	125	150	175	200	225	250
250	60	85	110	135	160	185	210	235
150	55	80	105	130	155	175	200	220
125	55	80	100	125	150	170	195	215
100	50	75	95	115	135	155	175	195
90	50	70	85	105	125	140	160	175
80	45	65	80	95	110	125	140	155
70	40	55	70	85	95	110	120	130
60	35	50	60	70	80	85	95	105
50	30	40	50	55	60	65	70	75
40	25	35	40	45	50	50	50	55

Повторяемость схода снежных лавин при отсутствии фактических данных определяется по таблице 2.7

Таблица 2.7 – Зависимость повторяемости схода снежных лавин от толщины снежного покрова и температуры воздуха

Повторяемость лавин в среднем за 10 лет	Толщина снега в районах, где температура воздуха января, °С		
	от +4 до -4	от -4 до -20	ниже -20
Менее 1	До 100	40–70	30–50
От 1 до 10	100–200	70–120	50–100
Более 10	Более 200	Более 120	Более 100

Простейшая статистическая обработка данных наблюдений позволяет создать эмпирические зависимости, которые позволяют использовать

результаты измерений для определения вероятности обрушения лавины (Таблица 2.8).

Когда материалы накапливаются, строятся типичные комбинированные столбцы и графики характеристик распределения земли вдоль вертикального профиля, в сравнении с которыми оценивается степень лавинной опасности и определяется тип ожидаемых лавин [7, с.58].

Таблица 2.8 - Эмпирические зависимости для прогнозирования лавинной опасности по данным зондирования конусным зондом

Лавинная опасность	Сопротивление зонду R, кг	Сцепление $C \gg 1,4R$ кг/дм <sup>2</sup>	Соотношение прочности соседних слоев
Серьезная (лавина может возникнуть в ближайшее время)	Менее 1,5	Менее 2	Более 4
Средняя (лавина может возникнуть при механическом нарушении снежного покрова)	1,5-5	2-7	2,5-4
Низкая (почти полностью отсутствует угроза возникновения лавины)	5-21	7-30	2,5-1,5
Отсутствует	Более 21	Более 30	Менее 1,5

Следует отметить, что многие эксперты скептически относятся к возможности использования методологии, разработанной для конкретного горного района в других районах.

Этому препятствуют изменение климата, преобладающие погодные условия, топография и характер подстилающей поверхности. В таких случаях проводятся дополнительные исследования, чтобы определить пределы применения методики, выявить новые ведущие факторы. В соответствии с практикой, принятой Гидрометеорологической службой, методы проверяются и затем рекомендуются (не рекомендуется) для практического использования. Время обработки методологии, включая сбор информации, обработку и производственные испытания, составляет несколько лет.

Оценками приняты оправдываемость прогнозов, предупрежденность прогнозируемого явления и известные критерии А.М.Обухова и Н.А.Багрова [20, с. 123].

Таблица 2.9 -Методики по дифференциации условий лавинообразования

Наименование	Характеристика использования	География реализации
Методы распознавания образов	под образом следует понимать набор значений конечного числа $n$ параметров, характеризующих снежно-метеорологическую ситуацию. В $n$ - мерном пространстве образ определяется вектором $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где $x_i$ – значения параметров. Очевидно, что для целей прогноза лавинной опасности выделяются два класса образов: класс лавиноопасных и нелавиноопасных ситуаций. Далее, для того чтобы опознать неизвестный вектор $x$ , необходимо сопоставить его с некоторым эталоном соответствующего класса.	Методики прогноза, основанные на синоптическом методе имеются для Хибинского горного массива, центральных районов Магаданской области, Приэльбрусья, Чукотского полуострова. Определены синоптические условия возникновения лавинной опасности для пограничных районов России.
Синоптический (стандартный) метод	сопоставлении статистической информации о сходах лавин с синоптическими ситуациями и связанными с ними погодными условиями. Типизация атмосферных процессов для прогнозов лавинной опасности производится чаще всего по направлению их движения. Типизация циклонов, приводящих к возникновению лавин в центральных районах Магаданской области, по траекториям движения). При классифицировании атмосферных процессов дается комплексная характеристика метеорологических явлений в период их влияния. Ежедневный анализ синоптической обстановки с целью обнаружения и опознавания различных типов атмосферных процессов позволяет составлять фоновый мелкомасштабный прогноз лавинной опасности со значительной (24 часа и более) заблаговременностью.	Хибинского горного массива, центральных районов Магаданской области, Приэльбрусья, Чукотского полуострова. Определены синоптические условия возникновения лавинной опасности для пограничных районов России



Продолжение таблицы 2.9

<p>Графический метод</p>	<p>В случае использования двух признаков пространство образов наглядно изображается на плоскости. При рассмотрении более 2 признаков используются проекции точек на плоскость. Строится кривая, разделяющая случаи с лавинами и без лавин. Графическая регрессия может применяться без задания математического вида зависимости между переменными.</p>	<p>Хибинах, лавин во время снегопадов (отдельные районы Магаданской области, бассейн р.Томь), мокрых лавин (бассейн р.Томь), сухих лавин при снегопадах и метелях (бассейн р. Ангаракан).</p>
<p>Регрессионный анализ</p>	<p>При прогнозе времени схода лавин с использованием уравнений регрессии предполагается, что текущие условия или направление их изменения будут сохраняться на протяжении некоторого времени. Периодические уточнения позволяют вносить коррективы в прогноз. Эмпирические формулы для разных генетических типов лавин получены для Главного Кавказского хребта. Метод множественной линейной регрессии применяется также для расчета возможного количества лавин в районе при прогнозе «лавиноопасно», для определения количества лавин, перекрывающих автодорогу (т.е. оценка дальности выброса) и для оценки максимального объема лавин.</p>	<p>Главный Кавказский хребет.</p>
<p>Дискриминантный анализ</p>	<p>На статистическом материале устанавливаются типы синоптических процессов, обуславливающие сход лавин на определенной территории (описано в разделе «синоптический метод»). При ожидании (прогнозе) развития опасного процесса, с использованием линейной дискриминантной функции производится опознавание ситуации как лавиноопасной или нелавиноопасной. В качестве предикторов для прогноза используются термо-гигрометрические характеристики воздушных</p>	<p>Тенькинской автомобильной дороги (Магаданская область), лавин свежевыпавшего и метелевого снега для бассейнов рек Кунерма, Гоуджекит и Ангаракан (Байкальский и Северо-Муйский хребты), лавин из мокрого снега для района СЛС Перевал.</p>
	<p>масс. Прогноз лавинной опасности дается по полученным для каждого типа синоптических ситуаций уравнениям. Метод дискриминантного анализа не используется для прогноза лавин длительного развития, обрушение которых не связано с текущей метеорологической и синоптической обстановкой. Получению надежных статистических оценок влияния факторов препятствует, как правило, ограниченное число данных о сходах таких лавин.</p>	

Группа распознавания методов лавин включает в себя несколько методов, использующих аппарат математической статистики.

Качество прогнозов обеспечивается подбором коллекции и оптимальным количеством синоптиков - индикаторов, определяющих формирование лавин в определенной области и за определенный период времени. К ним могут относиться характеристики снежного покрова, показатели атмосферных процессов, значения метеорологических и аэрологических элементов и параметры площадки. В практике прогнозирования лавинного риска используются измеренные, нормализованные (отличные от нормального распределения) расчетные значения (интенсивность осадков, изменение температуры воздуха), а также обобщенные показатели, которые учитывают несколько предварительных переменных, которые описывают особый процесс (скорость ветра, количество снега, влажность и прочее) [11, с. 270-272].

Таким образом, на начальном этапе разработки методик прогнозирования стоит задача выбрать наиболее информативные из ряда признаков, которые обеспечивают необходимую статистическую надежность оборудования и точность прогноза. Под информативным содержанием одного атрибута понимается объем информации, содержащейся в нем, по сравнению с другим. В то же время некоторые исследователи считают, что для анализа большинства лавиноопасных ситуаций (особенно статистических) нет необходимости генерировать массовые данные с большим количеством функций, которые создают лавину. Увеличение объема данных обычно не учитывает сроки и предсказуемость прогнозов.

### 3 Лавинная опасность Крымского полуострова

#### 3.1 Условия образования лавин Крымского полуострова

Проведём анализ природных и техногенных факторов, активирующих лавины в Крыму. Основными лавиноопасными районами полуострова являются лавины северных склонов - 1925 км<sup>2</sup>, южных склонов - 1200 км<sup>2</sup>, западных берегов Крымского полуострова и берегов Керченского полуострова. Южный оползень разделен на юго-западную подводную лодку - 380 км<sup>2</sup> (город Айя - Костел), центральную подводную лодку - 360 км<sup>2</sup> (Кастель - Ай-Фока), юго-восточную точку - 460 км<sup>2</sup> (И-Фока –св.Илья).

Большое количество лавин на Крымском полуострове обрушивается в труднодоступных местах, поэтому есть подозрение на лавинную опасность. Личные данные и данные наблюдений за снежным покровом позволили К.С. Лосев установить лавинную опасность.

Крымские горы занимают крайнюю южную часть Крымского полуострова. Три параллельные горные цепи, кустеры, спускаются на север и простираются от Балаклавы до Феодосии на расстоянии 150 км и шириной до 50 км (рисунок 3.1 ).

Типичной особенностью каждого горного хребта является асимметрия, южный склон и склон северных склонов. Внутренние (средние) и внешние (северные) горные хребты по абсолютной высоте (300 - 750 м) относятся к предгорьям [13, с.85-88].

Расположенный на высоте 1200-1500 м, он является основным водоразделом главного (южного) горного полуострова. Здесь расположены самые высокие горы Крымского полуострова: Рим-Кош (1545 м), Демир-Капулизи-Буру (1540 м), Зейтин-Кош (1534 м), Кемаль-Эгерек (1528 м), Эклизи-Бурун (1527 м). Поверхность главного горного хребта представляет собой плато под названием Яйла (по-турецки «летнее пастбище»). Характеризуется наличием многочисленных карстовых полостей и равнин.

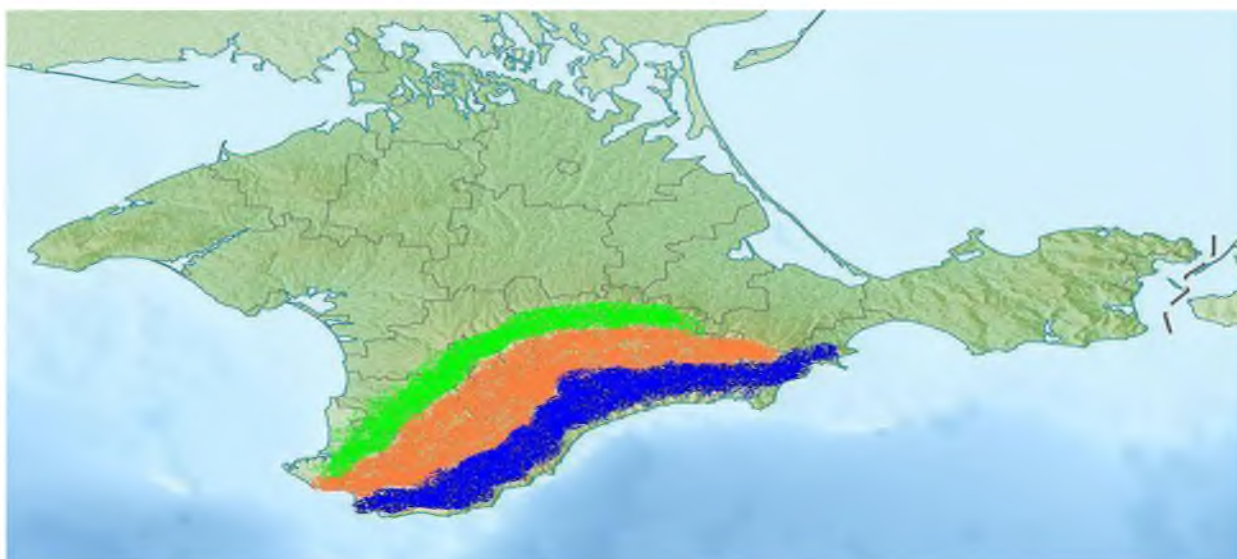


Рисунок 3.1 – Схема гряд Крымских гор(составлено автором по данным карта физико-географического положения)

Основными яйлами Главной гряды являются Байдарская (500—700 м), Ай-Петринская (1200—1300 м), Ялтинская (1300—1400 м), Никитинская (1300—1450 м), Бабуган (1400—1500 м). Ширина их местами достигает 3—5 км. Северные склоны яйлинских массивов изрезаны оврагами, глубокими, часто каньонообразными долинами рек. Восточнее Караби-Яйлы (рисунок 3.2). Главная гряда расчленена на отдельные короткие хребты, кряжи, вершины и пики с абсолютными высотами до 600—800 м.



Рисунок 3.2 – Фото спутника Караби-Яйлы (составлено автором по данным фото спутников Google Maps )

С точки зрения образования лавин основной горный массив представляет наибольший интерес, имея относительно высокие высоты и склоны с уклоном 30-50. Значительная протяженность горных хребтов и большого ущелья, а также разделительных участков способствуют формированию здесь лавин с объемом сотен кубометров и дальностью более 1 км [8, с.314].

Кроме того, склоны к югу и юго-востоку имеют значительную длину (более 1000 м) и густую сеть эрозионно-образованных сетей, которые служат фокусами для лавинных волн.

Склоны северных и северо-западных экспозиций, на которых берут начало основные реки Крыма (Салгир, Альма, Кача, Бельбек), менее расчленены, более пологи. Как следствие, сеть лавин здесь намного реже, чем на склонах южных экспозиций. Большинство очагов расположено в обособленных друг от друга скоплениях, поэтому их густота, осредненная по большой протяженности долин, в общем невелика (средняя и ниже). Очаги, выявленные в основном по ландшафтным признакам схода лавин, кратко охарактеризованы в таблице 3.1.

Климатические условия лавинообразования в Горном Крыму представляются следующими. На Главной гряде годовое количество осадков достигает 800—1300 мм, из которых 50% выпадает в холодный период. Большая часть снега выпадает в начале зимнего сезона (декабрь—январь), образуя устойчивый снежный покров на высотах в среднем более 400—600 м над уровнем моря. В суровые и многоснежные зимы нижняя граница устойчивого снежного покрова опускается до 200 м абсолютной высоты: один раз в 10—20 лет устойчивый снежный покров бывает даже на Южном берегу Крыма.

Средняя продолжительность залегания устойчивого снежного покрова в горах 3,5—4 месяца, со второй половины декабря до конца марта — середины апреля в зависимости от высоты и экспозиции склона. Однако зимой часты глубокие оттепели, которые в нижнем ярусе гор могут вызвать полное

стаивание снега.

Таблица 3.1 — Распределение и некоторые характеристики очагов лотковых лавин Горного Крымского полуострова

Бассейн реки	Число выявленных лавинных очагов	Высотные пределы (абсолютные) распространения лавин, м	Пределы наклона лавиноопасных склонов, град	Наибольшая относительная высота падения лавин, м
Реки юго-восточного макросклона Крымских гор	53	270—1420	25—50	800
Салгир	13	650—1400	35—55	450
Альма Кача	36	600—1475	25-40	550
	14	900—1500	25—50	550

Высота снежного покрова в поясе выше 1000 м над уровнем моря достигает 100—120 см, часто увеличиваясь до 150—200 см, а в некоторых местах схода лавин и значительно больше. Наибольший снежный покров наблюдается на Западных Яйлах и в центральной части гор. В целом во всем этом поясе условия снежности достаточны для лавинообразования, хотя лавины сходят здесь не ежегодно, а период лавинной опасности непродолжителен.

При значительных скоростях ветра снег переносится на южные, юго-восточные и восточные кромки яйл, на них формируются мощные снежные карнизы, обвал которых является причиной возникновения лавин. Обычно это происходит в январе - феврале, реже в марте и связано с сильными снегопадами. Тогда же отмечается и максимум повторяемости лавин, преимущественно из свежавыпавшего и метелевого снега. Сходу лавин способствуют также часто повторяющиеся оттепели, во время которых формируются мокрые (адвекционные) лавины.

Оттепели наблюдаются в Горном Крыму неоднократно в течение зимы. Лавины, сформированные при глубоких оттепелях, сходят даже в малоснежные зимы. В многоснежные же зимы именно лавины из тяжелого мокрого снега оставляют характерные прочесы — выломы в лесах на склонах Ай-Петринской и Бабуган-Яйлы и Чатыр-Дага.

Таким образом, преобладающими факторами лавинообразования в

Горном Крыму служат снегопады, особенно если они сопровождаются метелями, и оттепели. Первые доминируют в январе—феврале, хотя могут отмечаться и в марте; оттепели же — в течение всей зимы. Лавиноопасные ситуации в поясе выше 1300—1500 м, а на Ай-Петри в поясе 1100—1200 м над уровнем моря возникают ежегодно, а часто до 4—5 раз в год.

Зафиксированные прямыми наблюдениями объемы лавин в Горном Крыму находятся чаще всего в пределах 1—5 тыс.м<sup>3</sup> [19, с.195].

Карты по методике, разработанной для Атласа снежно-ледовых ресурсов мира, на Горный Крым не составлялось. Но имеется детальная схема районирования, составленная В. Ф. Грищенко (1982), по содержанию которой можно заключить, что лавинная активность здесь относится к категории слабой. Повторяемость лавин в очаге средней активности не ежегодная, густота сети лавинных очагов лишь на отдельных участках более 1 на км. Характерные объемы лавин менее 100 тыс.м<sup>3</sup>. В пределах участка находится 125 действующих лавин: 75 % эрозионных, 22 % абразионных и 3 % искусственных (рисунок 3.3).

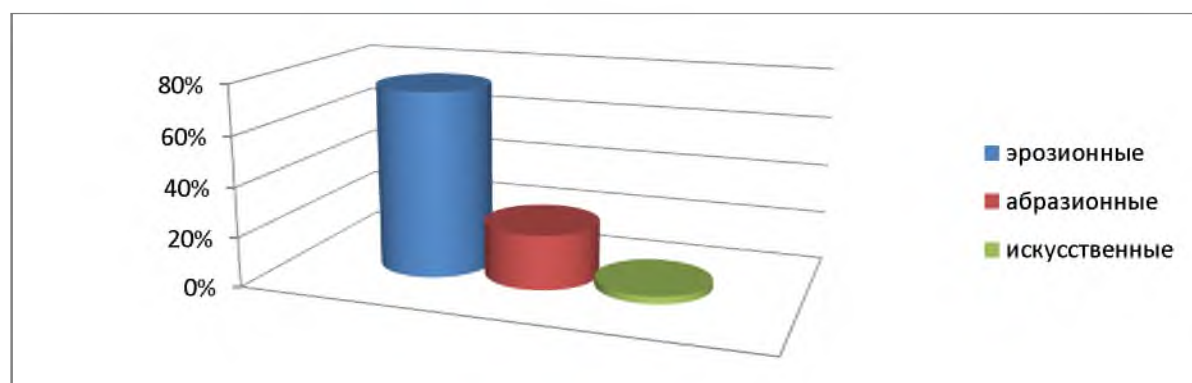


Рисунок 3.3 — Наглядное соотношение типов действующих лавин Крымского полуострова

Опасность аварийных ситуаций, связанных с лавинами в крымских горах, обусловлена геоморфологическими особенностями горных районов и сочетанием определенных метеорологических условий. Он характеризуется внезапным началом, высокой скоростью движения, ударом и большой площадью снега, растягивающего область таза.

Многолетние наблюдения показывают, что снегоходы в крымских горах

не наносят значительного материального ущерба экономике, поскольку они отправляются в тяжелые места, но они представляют угрозу для здоровья и жизни людей в горах зимой (туристов, альпинистов, охотников). Снегопад в горах Крымского полуострова способствует достаточному снежному покрову в течение нескольких лет, частой циклонической погоде, сильным ветрам, оттепелям, а также особенностям рельефа (рисунок 3.4 ) [18, с.127].



Рисунок 3.4 — Риск сходов лавин

Основные лавиноопасные районы Крымского полуострова — верховья рек южного и юго-восточного макросклона Крымских гор.

Там выявлено 36 лавинных очагов: район Салгира — 9; район Альмы — 24; район Качи — 14.

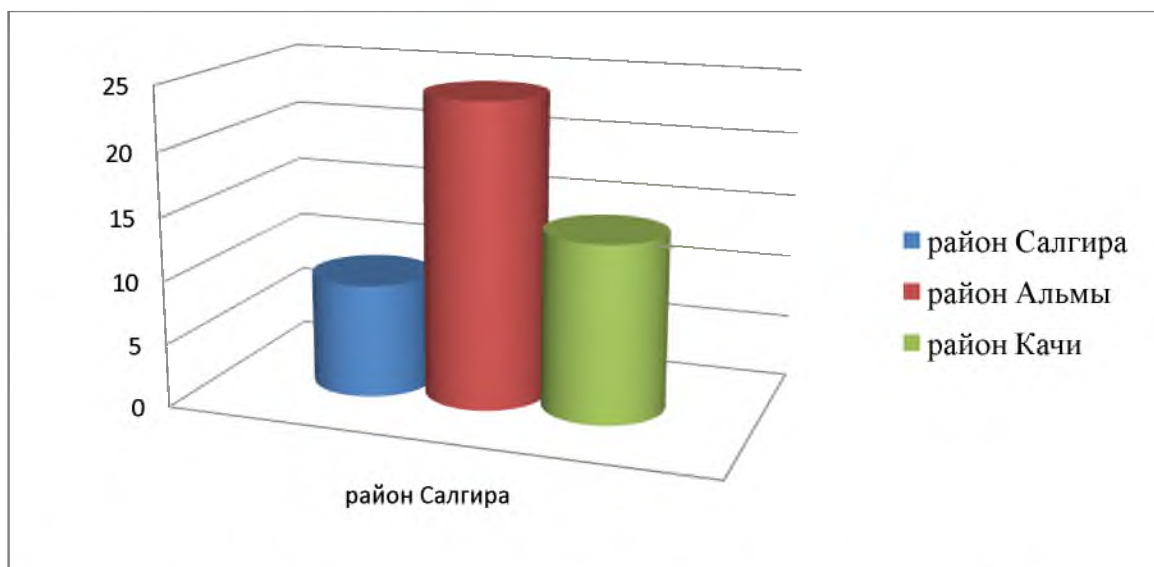


Рисунок 3.5 — Наглядное соотношение лавинных очагов Крымского полуострова



Активность лавин установлена А. А. Клюкиным по морфологическим признакам при ежегодном обследовании и оценивалась коэффициентом активности в процентах. Эти данные представлены графически, что позволяет более четко увидеть связь проявлений оползнеобразования с величиной атмосферных осадков.

Периоды активизации лавин совпадали с влажными периодами. В результате обильного увлажнения грунтов атмосферными осадками их объемная масса возрастает до 20–30 % [23, с.397].

Активизация происходила во влажные годы и после влажных лет, а также в засушливые и нормальные по увлажнению годы, если выпадали экстремальные дожди, таяли сугробы метелевого снега, водотоки и волны подрезали склоны. Эти явления нередко совпадали или происходили в близкое время, особенно в годы высокой циклонической активности [29].

### 3.2 Защита от лавин и ее картографическое обоснование

Самый надежный способ защиты от лавин - это размещение объектов вне опасных зон прохода. Действительно, невозможно полностью удалить только коммуникации (железные и автомобильные дороги, линии электропередач, трубопроводы) от лавин. Одним из основных результатов исследований, проведенных в районах Лавины, являются карты в опасности.

Материалы прямого наблюдения являются наиболее надежной основой для картографирования. Используя различные типы зависимостей этого типа, детализированы карты малого и среднего размера для описания лавинной активности Крымского полуострова. Их можно отнести к картам на основе фактических данных, поскольку объем таких данных был относительно велик, пространственное посредничество и экстрадиция осуществлялись с использованием региональных эмпирических зависимостей.

Просто особый вид наблюдения включает в себя аэрофотоснимки и спутниковые снимки. Разработка методов использования лавинного

картографирования проводилась К.В. Акифиевым, В.И. Кравцовым.

Примером мелкомасштабного картографирования являются лавинообразные карты Алтая, Саян и Скандинавии, составленные В.И. Кравцовым и другие.

Используя космические технологии, можно будет получать данные не только о распределении снежного покрова, но и о его высоте, плотности и других характеристиках, необходимых для определения лавинообразного режима. В этом случае почти все проблемы картографического картирования опасности могут быть решены на основе спутниковых изображений (рисунок 3.6).

В то же время огромная, в том числе нераскрытая, методология количественного картографирования для изучения лавинной угрозы территорий может основываться только на статистической зависимости желаемых показателей от характеристик рельефа и климатических показателей.

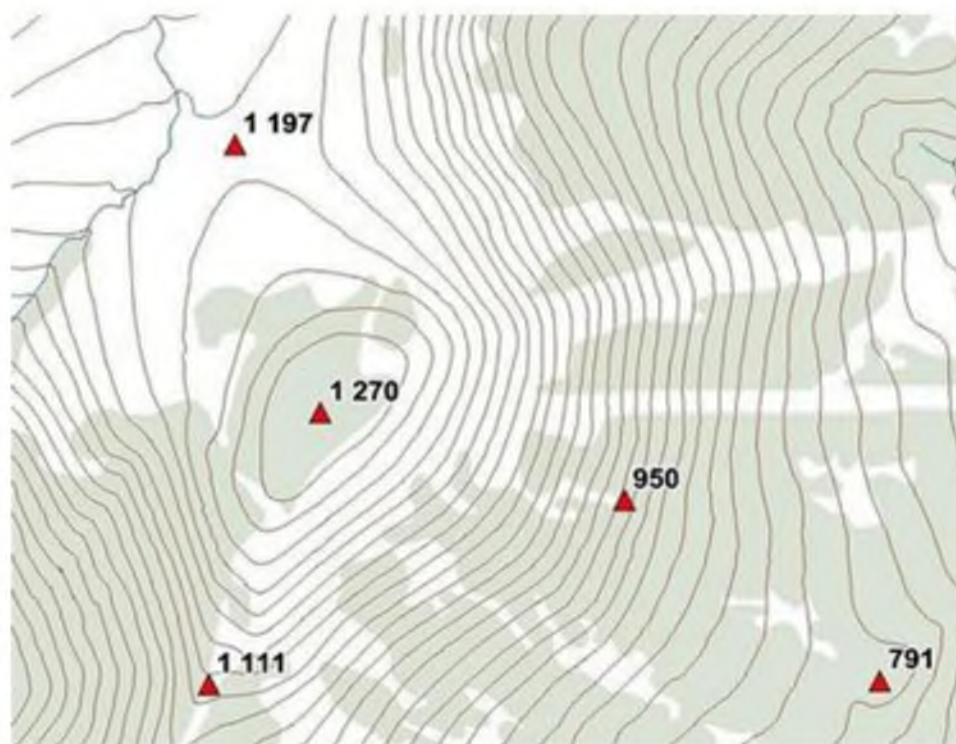


Рисунок 3.6 - Фрагмент векторной карты(составлено автором по данным Google Maps)

Необходимые материалы космического мониторинга, для сопоставления

и актуализации разновременной информации лавин Крымского полуострова , можно представить с различных поисково- информационных картографических сервисов: ООО ИТЦ «СКАНЭКС», «Here» и «Bing», спутники «GeoEye-1» и «DigitalGlobe», Google Maps» (рисунок 3.7).

Снимки космического мониторинга имеют различный охват изучаемой территории и различное пространственное разрешение от 0.41 м. до 1.65 м.



Рисунок 3.7 - Сопоставление фрагментов снимков различных сервисов  
(составлено автором по данным Google Maps)

Пространственная связь проста, поскольку изображения проходят процедуру автоматической коррекции и представлены в формате GeoTiff. Сравнение картографических источников и изображений отражает очень точное совпадение, включая координаты, которые указывают на качественную коррекцию космической информации [33].

Модель карты лавинного риска представляет собой матрицу высот 10 м, на основе которой можно рассчитывать и генерировать производные слои в среде ГИС.

При составлении легенды основной задачей является максимальное отображение туристических объектов и инфраструктуры, не перегружая карту

ненужной информацией.

Предполагается, что горные склоны резко сформировались к 17—55 годам. Следует отметить, что в наиболее благоприятных условиях вероятность образования лавин на склонах более 25° составляет менее 0,1% в год. На склонах больше 25°: быстро растет. Критическая толщина сухого снежного покрова с уклоном 34–45°, который имеет определенный внутренний адгезив и адгезию к глубокой поверхности, измеряется в нескольких дециметрах. Он растет до бесконечности под углом наклона около 20° [32, с.87].

Если силы адгезии уменьшаются (это происходит, когда снег намокает), невозможно удерживать снежный покров на более мягких склонах. Снег на крутых склонах (> 55°) обычно не удерживает снег и катится небольшими частями (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 — Картография г. Ай-Петри (составлено автором по данным Google Maps)

Крутые безлесые части Крымского полуострова относятся к существующим зонам лавинного происхождения. Благоприятные наклонные углы присваиваются вероятным участкам лавинообразного ядра для формирования уголков леса. Здесь возможен снегопад из-за вырубki лесов.

На служебных маршрутах снег регулярно сжимается снежным комом в

опасных атмосферных зонах, что сводит к минимуму вероятность схода лавин. Но на склонах без обслуживания в лавину регулярно попадают не только свободные лыжники, но и сноубордисты. Люди не имеют представления об опасности на горных склонах, поэтому следует приносить им необходимую информацию на туристической карте, которую считаем лучшими профилактическими мерами.

Таким образом, исходя из содержания карты, могут быть решены задачи, соответствующие ее назначению. Зная безопасность границ лавиноопасных зон и частоту схода лавин с заданного фокуса, можно определить вероятность того, что лавина достигнет той или иной границы во времени, что, в свою очередь, указывает, где необходимо разместить проектируемые объекты.

Характер поверхности склона, выявленные участки преобладающего лавинообразного ядра, толщина и плотность снега, а также расчетная скорость лавины позволяют рассчитывать нагрузки на лавинообразные объекты и определять их рациональное расположение. Демонстрация типичных стратегических участков в районах крупнейших лавин позволяет определять их генетические типы, разрабатывать методы их прогнозирования и предотвращать их.

Если соответствующая информация имеется на всех картах или в ее пояснительном тексте, указываются следующие показатели зимнего климата района, которые необходимы для формирования лавины. Средняя температура самого холодного месяца, средний ветер, максимальная скорость и ее преимущественное направление, влажность воздуха на уровне сбора магнита. Эти показатели, наряду с толщиной снега на картах, характером лавинообразной поверхности и расположением лавин, позволяют изучать область, ближайшую к области исследования, в хорошо изученных атмосферных отношениях с точки зрения образования лавины.

Это позволяет нам учитывать, а иногда и позаимствовать без изменений опыт прогнозирования накопленных лавин в хорошо изученной области и

осуществления лавинных мероприятий [26, с.149].

Наши исследования показывают, что глобальное потепление увеличивает погодные контрасты и вероятность экстремальных погодных явлений.

Повышение температуры увеличивает кинетическую энергию атмосферы, активизируя ее циркуляцию. За последние 130 лет среднегодовая температура воздуха в Крыму выросла почти на один градус, а среднее количество осадков увеличилось на 20%. Чем теплее атмосфера Земли в результате глобального потепления, тем чаще «мощные циклоны попадают на Крымский полуостров», так что резкие изменения погоды в Крыму происходят чаще.

Причиной аномально жарких и суровых зим в Крыму может быть увеличение мужской активности и циклонической активности в этот период. Средние положительные отклонения среднегодовой температуры воздуха и осадков усиливают проявления природных гидрометеорологических явлений на Крымском полуострове [21, с.25].

## Заключение

1. С точки зрения лавиноопасности на Крымском полуострове, наибольший интерес представляют относительно высокие горные массивы, к главным из которых относятся Ай-Петринская (1200—1300 м), Ялтинская (1300—1400 м), Никитинская (1300—1450 м), Бабуган (1400—1500 м). Это крутые безлесые части зон лавинного происхождения.

2. Основными метеорологическими условиями формирования лавин в Крымских горах являются: образование на хребтах 600 - 1500 м устойчивого (около 4 месяцев, со второй половины декабря до конца марта), снежного покрова до 800-1300 мм. В суровые и снежные зимы нижний предел устойчивого снежного покрова достигает абсолютной высоты до 200 м, а раз в 20-30 лет он возникает даже на южном берегу Крымского полуострова.

3. В течение всей зимы, лавиноопасные ситуации в поясе выше 1300—1500 м, а на Ай-Петри в поясе 1100—1200 м над уровнем моря возникают ежегодно, а часто до 4—5 раз в год, когда снегопады, сопровождаются метелями, и оттепели. Основные лавиноопасные районы региона это верховья рек южного и юго-восточного макросклона Крымских гор, где выявлено 36 лавинных очагов: район Салгира — 9; район Альмы — 24; район Качи — 14.

4. Существенная активизация лавинообразования совпадает с влажными периодами, особенно в годы высокой циклонической активности, если выпадали экстремальные дожди, таяли сугробы метелевого снега, водотоки и волны подрезали склоны. Эти явления нередко совпадали или происходили в близкое время, особенно в., при котором их объемная масса возрастает до 20—30 %.

5. Характерные объемы лавин в Горном Крыму менее 100 тыс.м<sup>3</sup> находятся чаще всего в пределах 1—5 тыс.м<sup>3</sup>, наиболее крупные — 30—60 тыс.м<sup>3</sup>. Здесь находятся 125 действующих лавин: 75 % из которых эрозионных, 22 % абразионных и 3 % искусственных.

## Список использованной литературы

1. Аккуратов, В. Н. Генетическая классификация лавин // Труды Эльбрусской экспедиции Нальчик. - 2015. - № 4 .- С. 215—232.
2. Анализ современной метеорологической ситуации в Предгорном Крыму: учеб. пособие / Коваленко В.А. – Белгород, изд-во БГТУ, 2018. – 241 с.
3. Ергина, Е.И. Периодизация антропогенной трансформации почв Крымского полуострова и актуальные задачи современного природопользования // Культура народов Причерноморья (Симферополь). 2016. - № 51.- С. 7–13.
4. Багров, Н.В., Боков, В.А. География Крымского полуострова: учебное пособие.- Крым, 2001. – 304
5. Багров, Н.В., Боков, В.А. Экология Крымского полуострова. Справочное пособие / Крымское учебно-педагогическое государственное издательство. Симферополь, 2015.- 360 с.
6. Барри, Р. Г. Погода и климат в горах; под общ. ред. А.Х.Харгиана – Л.: Гидрометиздат, 1984. - 380 с.
7. Благовещенский, В.П. Определение лавинных нагрузок. Алма-Ата. «Гылым», 1991. - 116 с.
8. Благоволин, Н.С. Некоторые вопросы истории развития рельефа горного Крымского полуострова . – Симферополь, изд-во «Наука», 1996.- 480 с.
9. Грищенко, Н.Ф. Климат и метеорологические условия Крымского полуострова - Л.: Гидрометиздат, 2016.- 215 с.
10. Гвоздецкий, Н.А., Голубчиков, Ю.Н. Горы. —М.: Мысль, 2012. — 400 с.
11. Ергина, Е.И. Анализ динамики почвообразовательного потенциала климата Крымского полуострова // Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология.- 2017. - № 3. - С.



267–272.

12. Ергина, Е.И. Современный почвообразующий потенциал климата Крымского полуострова // Геополитика и экогеодинамика регионов.- 2015. -№ 2. - С. 35–44.

13. Ергина, Е.И., Жук, В.О. Анализ проявления опасных и стихийных гидрометеорологических явлений в Крыму // Окружающая среда и человек. Ростов-на-Дону, 2016. - С. 85–88.

14. Зверев, А.С. Синоптическая метеорология; Книга по Требованию - Москва, 2012. - 711 с.

15. Жук, В. О., Ергина Е. И. Анализ современной метеорологической ситуации в предгорном Крыму. Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского [Электронный ресурс]. URL: <http://docviewer.yandex.ru/view/443679086/> (дата обращения: 27.03.2020)

16. Климатический атлас Крымского полуострова . Симферополь: Таврия-Плюс, 2016. -120 с.

17. Лаптев, Ю. Н. , Савинова, О. В. Этнографический туризм в Крыму: состояние и перспективы развития. - Симферополь: Таврия, 2000. - 32 с.

18. Лебединский, В.И. Геологические экскурсии по Крыму. - Симферополь: Таврия, 1988.-144с.

19. Лосев, К.С. По следам лавин – М. :Изд-во МГУ, 2015.-237 с.

20. Лосев, К. С. Ланины (распространение, районирование, возможности прогноза). – М. , изд-во МГУ, 2015.-184 с.

21. Малеинов, А.А, Тушинский, Г.К. Путешествия в горах - М.: ГУП, изд - во «Мысль», 1959.-264 с.

22. Марков, Е.Л. Очерки Крымского полуострова : Картина крымской жизни, истории и природы. - Симферополь: Таврия, 2002. - 280 с.

23. Москвич, Г.О. Крым. Иллюстрированный практический путеводитель по Крыму. - М.: Мир, 2015. - 500 с.

24. Олейников, А. Д. Зимы наибольшей лавинной опасности //

Материалы исследований, 2005. - № 3. - С. 106-110.

25. Околов, В. Ф., Мягков, С. М., Глазовская, Т. Г. Число дней со снежным покровом (расчет для горных районов) // Склоновые процессы (лавины и сели). // Молодой ученый. – 2017. – № 4. – С. 125- 132.

26. Олиферов, А.Н., Тимченко, З.В. Реки и озёра Крымского полуострова. Симферополь: Доля, 2015.- 216 с.

27. Прудко, О.И., Адаменко, Т.И. Агроклиматический справочник по АР Крым. Симферополь. Таврида, 2011. - 342 с.

28. Северский, И. В., Благовещенский, В. П. Оценка лавинной опасности горной территории. Алма-Ата, 1998.- 220 с.

29. Топографические, туристические карты Крымского полуострова [Электронный ресурс]. URL: <http://crimea-media.ru/Base> (дата обращения: 27.03.2020)

30. Трошкина, Е. С. Оценка структурно-стратиграфических особенностей снежного покрова горных районов для прогнозирования лавин // Склоновые процессы (лавины и сели). // Молодой ученый. – 2015. – № 9. – С. 18- 32.

31. Тушинский, Г.К. Ледники, снежники, лавины - М.: ГУП, изд-во «Мысль», 1963.- 260 с.

32. Ярош, А.М., Ефимова, В.М., Солдатченко, С.С Курорты Крымского полуострова среди приморских климатических курортов. Симферополь, 2010.- 220 с.

33. Ялунин, И.С. Тестирование снежного покрова [Электронный ресурс]. URL: <http://testirovanie-snejnogo-pokrova-na-ustoichivost/> (дата обращения: 12.05.2020)