



РИЦИНСКИЙ РЕЛИКТОВЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК

СНЕГ И ЛАВИНЫ В ГОРАХ

ПРОГНОЗ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Гудаута, 2024

УДК 502 (5)
ББК 28.088(5А6х)
Р 56

Рицинский реликтовый национальный парк.
Федерация альпинизма и скалолазания.
Снег и лавины в горах. Прогноз и безопасность.
Гудаута: РРНП, 2024. – 36 с.

В данной публикации сведения о видах снежных осадков, о структурных преобразованиях, которые происходят в снежной толще под влиянием изменения температуры, влажности окружающей среды и пр., описываются связанные с этим виды лавин, предпосылки и условия их формирования, причины схода. Указано влияние на сход лавин различных объективных и субъективных факторов. Освещена организация безопасного прохождения лавиноопасных склонов и проведение поиска попавших в лавину.

Данное издание рекомендуется для участников и руководителей спортивных горных походов и учебнотренировочных сборов, инструкторов проводящих учебно-практические занятия и всех любителей зимних видов спорта.

Автор – старший научный сотрудник РРНП, Тванба Т.Ю.

Редактор – кандидат географических наук, доцент, заслуженный деятель науки Республики Абхазии, Тания И.В.

Дизайн и верстка – Сангулия Е.Б.

За содержание и достоверность публикуемых материалов ответственность несут авторы.

УДК 502 (5)
ББК 28.088(5А6х)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Снежный покров в горах	4
1.1. Твердые осадки	4
1.2. Формирование снежного покрова	6
2. Метаморфизм снежного покрова	9
3. Механизм лавинообразования	12
4. Классификация лавин	17
5. Причины нарушения устойчивости снежного покрова	19
6. Прогнозирование лавинной опасности	22
6.1. Виды прогнозов	22
6.2. Прогноз лавин, вызываемых снегопадами и метелями	23
6.3. Прогноз лавин, вызываемых перекристаллизацией снега	26
6.4. Прогноз лавин из мокрого снега	27
6.5. Локальные прогнозы лавинной опасности	28
7. Правила поведения на лавиноопасных склонах	30
8. Спасательные работы	31

1. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ В ГОРАХ

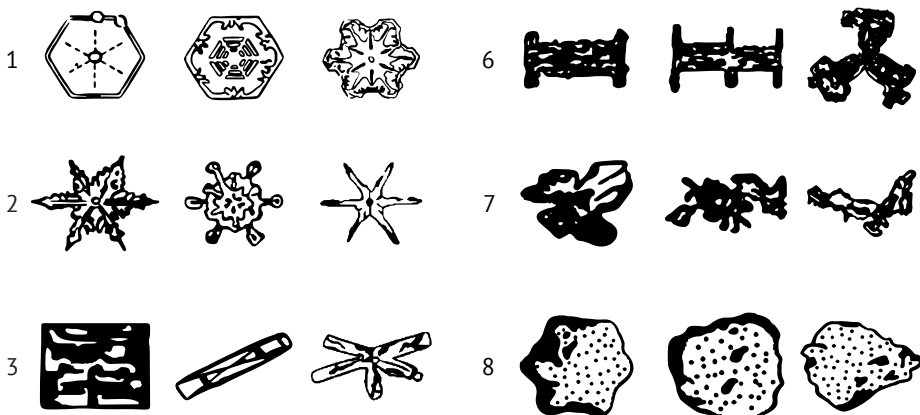
1.1. Твердые осадки

Нагреваемые у земной поверхности воздушные массы насыщаются водяными парами и поднимаются вверх, постепенно охлаждаясь. При определенной температуре влажность воздуха достигает величины предельной насыщенности, и дальнейшее понижение температуры приводит к тому, что воздух становится пересыщенным. Излишки водяных паров конденсируются в виде мельчайших капель, которые в зависимости от конкретных термодинамических условий могут исчезать, расти или замерзать и превращаться в кристаллики льда. Зародыши кристаллов льда растут вследствие конденсации на их поверхности паров воды из окружающего воздуха и замерзания этой влаги.

Скорость роста кристаллов тем больше, чем ниже температура облака, в котором рождаются эти кристаллы. Утяжеленные кристаллы льда начинают падать и при этом обрастают дополнительным слоем льда, образующимся из капель воды, которые они встречают на своем пути. Заметное падение кристаллов льда в атмосфере начинается при достижении ими размера около 50 мкм.

Кристаллы образующиеся в атмосфере льда весьма разнообразны по своей форме: иглы, призмы, пирамиды, столбики, пластинки, звездочки и комбинированные фигуры. Опускаясь вниз, они претерпевают большие изменения, могут расплавляться и превращаться в капельки тумана или увеличиваться и превращаться в снежинки, ледяную крупу или град, выпадающие на поверхность земли в виде твердых осадков.

Форма и размеры достигающих земной поверхности частиц твердых осадков зависят от термодинамических условия зарождения и роста кристаллов льда в атмосфере и температуры приземных слоев воздуха. Различают 10 основных типов частиц, которые представлены на рисунке 1.



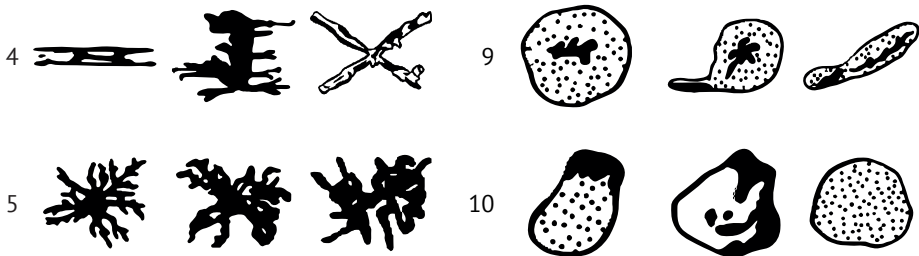


Рисунок 1. Международная классификация снежинок (Гляциологический словарь, 1984)

В количественном отношении среди выпадающего снега преобладают пластинчатые и звездчатые снежинки. Отношение толщины таких снежинок к их диаметру составляет обычно 1-50. Размер снежинок тем больше, чем выше температура приземного слоя воздуха (табл. 1).

Таблица 1 – Виды твердых осадков

№	Название	Описание
1	Пластинки	Тонкие плоские кристаллы, по форме близкие к шестиугольнику, с максимальным размером 0.1 - 4 мм.
2	Звездчатые кристаллы	Тонкие плоские кристаллы в виде дендритовых звезд с лучами. Обычно они имеют 6 лучей. Иногда встречаются кристаллы с 12 и 18 лучами, диаметром 0.5 - 10 мм.
3	Столбики	Призматические кристаллы, сплошные или полые, пирамиды и комбинации пирамид и призм, максимальный размер до нескольких миллиметров
4	Иглы	Тонкие цилиндрические и иглообразные кристаллы и их сростки длиной 0.2 - 6 мм, диаметром 0.02 – 0.2 мм.
5	Пространственные древовидные кристаллы	Сложные снежные кристаллы с лучами в виде листьев папоротника, расходящимися - по многим направлениям, средний диаметр кристаллов до нескольких миллиметров.
6	Увенчанные столбики	Столбики со звездочками или пластинками на концах, а в ряде случаев с дополнительными пластинками в промежуточных положениях диаметром до нескольких миллиметров.
7	Неправильные кристаллы	Частицы, состоящие из нескольких беспорядочных частей до нескольких миллиметров.
8	Крупа	Снежные белые мягкие шарики или прозрачные с поверхности и белые внутри шарики диаметром 0.5 - 5 мм.
9	Ледяной дождь	Прозрачные ледяные шарики, иногда с незамерзшим ядром, диаметром 1 - 3 мм.
10	Град	Шаровидные ледяные образования, часто имеющие на поверхности слою прозрачного льда, иногда с острыми выступами или сложной окантовкой, диаметром до 150 мм.

В безветренную погоду при температуре около 0° снежинки во время падения могут соединяться и выпадать в виде крупных хлопьев. При сильном ветре, сталкиваясь в воздухе, они крошатся и выпадают в виде обломков (табл. 2).

Таблица 2 – Размеры снежинок и плотность свежеснегавшего снега при различной температуре воздуха и малой скорости ветра.

Преобладающая форма снежинок	Тем. воз., °С	Ср. диам. снежинок или хлопьев, мм	Плотность свежеснегавшего снега, кг/м ³
Пластинки и слабо расчлененные звезды	- 22.0	1-1.5	30
Мелкие дендритовые звезды	- 15.6	1-2	40
Пластинки и дендритовые звезды	- 14.3	до 2.5	50
Звезды, опушенные изморозью	- 11.2	2-3	40
Сложные дендритовые звезды	- 7.9	до 5	50
Дендритовые звезды	- 5.4	6-8	60
Сложные звезды и хлопья	- 4.5	5-7	50
Мелкие хлопья	- 3.6	10-15	100
Крупные хлопья	- 0.5	35-40	140
Очень крупные хлопья, опушенные изморозью	- 0.2	10-12	170
Крупные влажные хлопья	2.4	15-20	200
Крупные мокрые хлопья с дождем	4.8	до 50	260

1.2. Формирование снежного покрова

С момента отложения и до таяния или же превращения в фирн, а затем в лёд, отложенный снег представляет собой удивительное и уникальное вещество.

Так как температура отложенного снега почти всегда близка к температуре таяния, отложенный снег находится в стадии постоянной трансформации, называемой метаморфизмом. При достижении температуры таяния, жидкая вода может частично заполнять поровое пространство. Таким образом, в отложенном снеге могут сосуществовать все три фазовые формы воды.

Из-за прерывистого характера осадконакопления, действия ветра и непрерывного процесса метаморфизма снега, снежная толща оказывается состоящей из отдельных слоёв.

Снег – высокопористый, спёкшийся материал, образованный непрерывной ледяной структурой и непрерывно связанным поровым пространством, вместе формирующими микроструктуру снега.

При выпадении снега без ветра на склонах крутизной менее 20 градусов формируется снежный покров примерно одинаковой высоты, однако толщина покрова при этом на более крутых склонах будет меньше, чем на пологих (рис. 2,а). На более крутых склонах весь снег не удерживается и часть его скатывается вниз на более пологие участки, что увеличивает неоднородность снежных отложений. Выпадение снега, сопровождающееся ветром, приводит к тому, что наветренные склоны получают больше подветренных (рис. 2, б). Усиление ветра вызывает общую метель, резко меняющую условия формирования снежного покрова в зависимости от местных орографических особенностей горной поверхности.

Существенные перераспределения снега в снежном покрове происходят при низовых метелях, которые часто бывают спустя некоторое время после прекращения снегопада. Ветер поднимает в воздух, ранее выпавший рыхлый снег и переносит его на другое место. Сильный ветер вырывает зерна снега даже с относительно плотного снежного покрова. Частицы снега перемещаются преимущественно перекачиванием и последовательными скачками. При ударах этих частиц о поверхность снежного покрова они выбивают из него новые частицы снега. В результате на поверхности снежного покрова образуется система «застрогов».

При метелевом переносе снега может создаваться очень большая неоднородность снежного покрова вследствие перераспределения ранее отложенного снега, выдувания его на положительных формах рельефа, создания больших надувов в понижениях и образованиях снежных карнизов (рис. 2, в, г, д). На неровной поверхности земли с мелкими формами рельефа метелевый перенос нивелирует неровности и делает их мало-заметными на снежном покрове. Вблизи от препятствий снегоперенос вызывает образование сугробов сложной формы. Плотность снежного покрова после низовой метели существенно увеличивается и может достигать 400 кг/м³.

Свежевыпавший снег под действием собственного веса уплотняется. По мере образования новых слоев снежного покрова нагрузка на предыдущие слои увеличивается, вызывая дополнительное уплотнение.

Наряду с механическим уплотнением в снежном покрове происходят интенсивные процессы изменения структуры зерен снега в результате термодинамической нестабильности поверхности кристаллов и массопереноса. Такие процессы называют метаморфизмом, в результате которого снежинки изменяют форму и размеры.

Существенные изменения снежного покрова происходят также из-за процессов таяния и испарения с поверхности, под воздействием жидких осадков и других метеорологических факторов.

В процессе формирования снежного покрова в нем могут возникать ледяные корки,

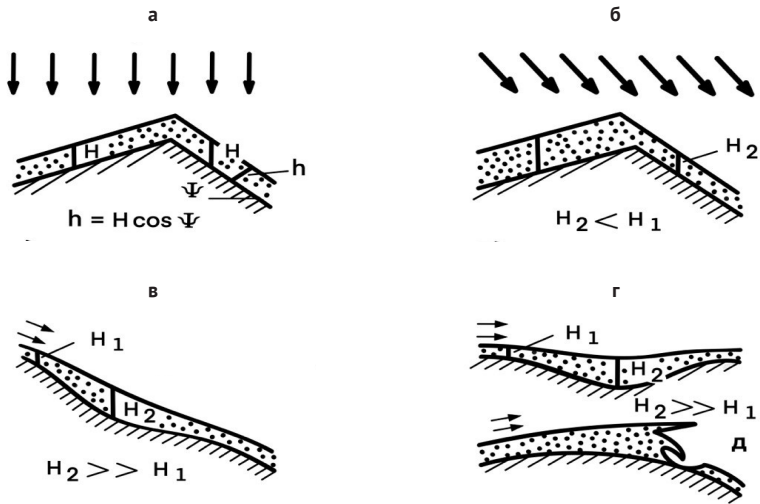


Рисунок 2. Формирование снежного покрова: а – при снегопаде без ветра; б – при снегопаде со слабым ветром в, г – при метелевом снегопереносе; д – формирование снежного карниза

слои уплотненного ветром снега, слои глубинной изморози и слои с различной структурой снега. В течение времени залегания снежного покрова различия в характеристиках соседних слоев могут нарастать или, наоборот, исчезать в зависимости от конкретных термодинамических условий их существования.

Структура снега характеризуется формой, размерами, взаимным расположением и ориентировкой кристаллов, воздушных пор в снежной толще.

Таким образом, снежный покров не является стабильным. Все параметры, характеризующие мощность, строение, плотность и физико-механические свойства снежного покрова, непрерывно изменяются.

Качественные определения структуры производят визуально, рассматривая через увеличительную лупу пробы снега, взятые из шурфа в снежном покрове.

Стратиграфией снежного покрова называют последовательное чередование слоев снега с разным строением и физико-механическими свойствами, разделенных корками или иными границами. Стратиграфия характеризует первичные условия формирования и дальнейшее развитие толщи снежного покрова.

2. МЕТАМОРФИЗМ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Метаморфизмом снега называется совокупность происходящих в нем процессов, которые приводят к преобразованию его структуры – изменению формы, размеров и количества кристаллов льда и связей между ними.

Основными процессами метаморфизма являются: возгонка льда и сублимация водяного пара на поверхности кристаллов; перераспределение «ледяной материи» в результате термодинамической нестабильности поверхности кристаллов; миграция жидких пленок по поверхности кристаллов и водяного пара по межкристаллическому пространству под воздействием разности температуры и разной концентрации водяного пара в различных слоях снежного покрова; спекание (смерзание) ледяных кристаллов; таяние льда и замерзание воды в снеге; разрушение и вязкие деформации ледяных связей между кристаллами; относительные перемещения кристаллов под действием собственного веса и внешних нагрузок.

Различают 4 типа метаморфизма снега:

- изотермический
- метаморфизм таяния-замерзания
- температурогradientный
- динамометаморфизм

Характерными чертами **изотермического метаморфизма** являются разрушение и упрощение формы первоначальных снежинок, образование округлых ледяных кристаллов и их сближение, разрушение первоначальных и создание новых связей между кристаллами. Основные механизмы этих изменений – механические разрушения снежинок и связей между кристаллами и перераспределение «ледяной материи» в результате термодинамической нестабильности поверхности кристаллов. На выпуклых участках поверхности кристаллов молекулы льда обладают большей свободной энергией, чем на плоских и вогнутых. Неоднородно также давление паров в межкристаллическом воздушном пространстве около поверхности кристаллов – оно тем больше, чем меньше радиус кривизны поверхности. Из-за разности давления паров и различий в распределении свободной энергии происходит удаление вещества с более выпуклых участков поверхности, перемещение этого вещества путем поверхностной диффузии или процессов возгонки – сублимации и отложения вещества на менее выпуклых и вогнутых участках. В результате такого перераспределения вещества происходит округление зерен снега и рост более крупных за счет мелких зерен (собирательная перекристаллизация). Метаморфизм начинается с того, что выпадающие на поверхность земли снежинки разрушаются и распадаются на части, после чего в результате округления и собирательной перекристаллизации снег превращается в мелкозернистую среду, состоящую из округлых, продолговатых или неправильной формы зерен примерно одинакового размера. В дальнейшем количество зерен в единице объема снега уменьшается, а средний их диаметр увеличивается. Это приводит к постепенному превращению мелкозернистого снега в среднезернистый, а затем в крупнозернистый.

Изотермический метаморфизм включает также спекание контактирующих зерен и образование ледяных шеек, которые особенно интенсивно растут в начальные периоды после соприкосновения ледяных зерен. Образование шейки происходит вследствие возгонки – сублимации льда, объемной и поверхностной диффузии.

Перераспределение «ледяной материи» при изотермическом метаморфизме ограничивается микро областями, непосредственно прилегающее к кристаллам.

Температурогradientный метаморфизм характеризуется преобразованием структуры снега путем роста одних кристаллов за счет уменьшения и исчезновения других под действием температурного градиента. Из-за разной концентрации водяного пара в различных точках снежной толщи возникают интенсивные процессы возгонки льда, миграции водяного пара и его сублимации. Кристаллы льда испаряются с более теплых поверхностей, образовавшийся при этом водяной пар мигрирует по межкристаллическому пространству в направлении, противоположном направлению теплового градиента, и сублимируется на более холодных поверхностях ближайших кристаллов.

В результате температурогradientного метаморфизма растут новые формы скелетных кристаллов, которые постепенно заменяют обломки снежинок и зерна снега. В нижних слоях снежного покрова растут крупные кристаллы глубинной изморози в виде огранных призм, пирамид и чашеобразных форм. Интенсивность процесса перекристаллизации тем больше, чем больше градиент температуры и чем выше температура рассматриваемого слоя снега. Наиболее высокая интенсивность этого процесса наблюдается в начале зимы в тех случаях, когда малая толщина снежного покрова сочетается с низкой температурой воздуха.

При таких условиях нижний слой свежевыпавшего снега может за одну - две недели полностью превратиться в слой глубинного инея.

Описанные два типа метаморфизма обычно действуют одновременно, и их разделение несколько условно, тем более что сублимационная перекристаллизация (перераспределение вещества через парообразную фазу), определяющая температурогradientный метаморфизм, играет важную роль и в изотермическом метаморфизме. Поэтому можно говорить лишь о преобладании того или иного типа метаморфизма. Так, первый тип метаморфизма характерен для ранней стадии диагенеза снежного покрова и изменений структуры снега в изотермических условиях, а второй тип отражает влияние температурного градиента.

Третий тип **метаморфизма связан с таянием кристаллов и замерзанием воды в снеге**. При проникновении воды в горизонты снежного покрова с отрицательной температурой происходит частичное замерзание водных пленок на поверхности зерен и вокруг контактов между ними. Заметные изменения в форме и величине зерен и связях между ними происходят при замерзании воды в снеге. Повторение процессов частичного таяния и последующего замерзания мокрого снега вызывает фирнизацию снега и образование различных новых структур, начиная от рыхлой структуры из округлых зерен, бусинок или полусфер, мало связанных друг с другом, и кончая снежистым пористым льдом.

Процессы изменения структуры снега, связанные с энергией напряженного состояния и деформациями снега под действием внешних механических усилий, называют **динамометаморфизмом**. Под действием внешних усилий на контактах между зернами снега и в самих зернах вблизи контактов возникают повышенные местные напряжения.

Неоднородность напряженного состояния в ледяных зернах способствует их рекристаллизации. Менее напряженные кристаллы и их части растут за счет более напряженных участков. В результате в снеге происходит интенсивное перераспределение внутренних микронапряжений в зернах и на контактах между ними, структурная перестройка, соответствующая действующему напряженному состоянию и нарастающим деформациям снега. Работа, затрачиваемая на пластическую деформацию снега и его уплотнение, превращается в тепловую энергию, интенсифицирующую динамометаморфизм.

Динамометаморфизм вызывает существенные изменения механических свойств снега в процессе его деформации. Чаще всего он сопровождается уплотнением снега и увеличением его прочности. При метаморфизме снежного покрова проявляются две противоположные тенденции в изменении механических свойств снега. Сублимационная перекристаллизация ведет к увеличению размеров зерен, уменьшению их количества в единице объема и структурному разрыхлению, при котором уменьшается относительная контактная поверхность и снижается прочность снега, что в свою очередь может интенсифицировать оседание снежного покрова. Последнее вызывает уплотнение снега, увеличивает количество и площадь контактов между зернами и ведет к упрочению снега. В зависимости от физико-географических и конкретных метеорологических условий могут возникать противоположные тенденции изменения данного слоя снега или снежного покрова в целом в сторону уплотнения при преобладании оседания и изменение в сторону разрыхления при быстром росте зерен и незначительном изменении плотности.

Оседание снега происходит плавно по мере вязкого уплотнения или путем резких внезапных просадок, которые обычно связаны с нарушением первичной структуры в каком-то слое и с быстрым вытеснением воздуха из снега, сопровождаемым шумом.

В формировании и развитии естественного снежного покрова можно выделить две стадии метаморфизма - раннего диагенеза и эпигенеза (Шумский, 1955). Для первой стадии типично быстрое протекание процессов сублимационного округления зерен снега, уплотнение и смерзание их на контактах. Продолжительность этих процессов относительно невелика, порядка нескольких суток. В результате формируется мелкозернистый снег, в котором ледяные зерна с диаметром 0,1 - 1 мм образуют пространственную ледяную решетку (рис. 3).



Рисунок 3. Изменение формы снежинок при отрицательных температурах во времени

Большое влияние на эту стадию метаморфизма оказывают условия выпадения снега и формирования снежного покрова, мощность данного слоя и вышележащих слоев, температурный режим, ветер и ряд других факторов. Так, в районах с частыми и обильными снегопадами при относительно высокой температуре создаются условия

для быстрого уплотнения снежного покрова. Малое количество выпадающего снега и низкая температура благоприятны для интенсивного сублимационного округления и температуроградиентного метаморфизма. В районах с сильными ветрами и резкими колебаниями погоды формируется неоднородный слоистый снежный покров с ветровыми и ледяными корками, что создает различия и в интенсивности процессов метаморфизма в слоях снежной толщи.

Во второй стадии метаморфизма обычно происходит укрупнение зерен и дальнейшее уплотнение снега. Здесь также наблюдается разнообразие в интенсивности и направленности процессов изменения структуры снега в зависимости от исходной плотности, мощности и структуры от величины нагрузки, температурных условий и ряда других факторов.

Мелкозернистый снег превращается в среднезернистый (с диаметром частиц 1-2 мм) и затем в крупнозернистый (с диаметром частиц более 2 мм). В нижних горизонтах снежного покрова при наличии температурного градиента образуются слой глубинной изморози, состоящие из крупных чашеобразных кристаллов, относительно слабо связанных друг с другом. При резком оседании вышележащих слоев снега и других механических воздействиях кристаллы глубинной изморози и связи между ними могут частично разрушиться, и тогда слой глубинной изморози может стать псевдотекучим.

Таяние снега на поверхности и замерзание воды в снежном покрове ведет к его фирнизации и уплотнению.

На склонах гор процессы метаморфизма усложняются из-за неоднородности мощности и плотности снежного покрова и действующих в нем напряжений сжатия и сдвига. Различие крутизны и ориентировки склонов и неровности рельефа приводит к тому, что процессы метаморфизма снежного покрова могут протекать по-разному даже на относительно близко расположенных друг от друга участках.

3. МЕХАНИЗМ ЛАВИНООБРАЗОВАНИЯ

Лавины, или снежные обвалы – это массы снега, пришедшие в движение и низвергающиеся по горному склону (иногда пересекающие дно долин и выходящие на противоположный склон). Объем крупных лавин достигает 2-3 млн. м³. Снег, лежащий на склоне, обрушивается вследствие потери им равновесия. Для спонтанного (самопроизвольного) возникновения лавины, слой снега должен находиться в состоянии, близком к предельному равновесию; в этих условиях для ее начала бывает достаточно небольшого усилия.

Энергичное воздействие на снежный покров может вызвать лавину (обычно небольшую), несмотря на некоторый запас прочности в нем, если будет дан начальный импульс какой-то массе, которая продолжает движение захватывая снег и обломочный материал на своем пути благодаря высвобождению потенциальной энергии силы тяжести и превращению ее в кинетическую энергию движения лавины.

Возможны случаи, когда в слое снега накапливается энергия упругих деформаций вследствие сокращения объема снега (при перекристаллизации, понижении

температуры и т.п.) или его деформации под действием силы тяжести. Если эти внутренние напряжения не успевают исчезать, то нарушение сплошности в одном каком-то месте вызывает образование лавины (когда сила трения недостаточна для удержания снежного пласта на склоне).

При достаточной устойчивости снега на склонах лавины не образуются даже при взрывах и землетрясениях.

В естественных условиях неустойчивое состояние снежного покрова на склонах возникает вследствие:

- ① перегрузки склонов снегом при снегопадах и метелях (или его расслабления);
- ② появления в снежной толще ослабленных прослоек при перекристаллизации снега, его таянии или промачивании дождевой водой.

Снег с момента его выпадения непрерывно изменяется. На формирование лавины оказывают влияние размеры, форма состояние поверхности снежинок, условия их падения в атмосфере и отложения на склонах гор, состояние подстилающей поверхности и ряд других условий.

В зависимости от этих факторов при накоплении того или иного количества свежевыпавшего или переметенного метелью снега образуются лавины свежевыпавшего или метелевого снега (сухого или мокрого).

Отложившийся на склонах снег подвергается процессам оседания (уплотнения) и перекристаллизации, протекающим одновременно с той или иной скоростью, зависящей от метеорологических условий и состояния подстилающей поверхности. Уплотнение снега увеличивает его прочность, в то время как перекристаллизация снега сказывается на его прочностных свойствах более сложным образом.

В процессе оседания (вязкого уплотнения) происходит деформация снега, приводящая к его перемещению на склонах, так как оседание направлено не перпендикулярно к подстилающей поверхности, а под действием составляющей силы тяжести, направленной параллельно склону, отклоняется вниз. Таким образом, оседание можно считать одним из факторов, обуславливающих движение снега на склоне.

Наблюдения показали, что скорость сползания на склоне пропорциональна скорости оседания снежного покрова. Особенно большие скорости сползания наблюдаются на перегибах склонов. В этих местах деформация снежного покрова достигает критического значения вследствие растяжения, что вызывает появление плоскости разрушения (разрыва), влекущее за собой обрушение лавин.

Оседание различных слоев снежного покрова происходит с различной интенсивностью – от 0,5 до 5 см/сут, это обусловлено возрастом и плотностью снега. Кроме того, оседание происходит не равномерно, а скачкообразно. Большие скорости оседания, достигающие более 4-5 см/сут, наблюдаются в свежевыпавшем слое.

В дальнейшем скорость оседания нагруженного слоя снежного покрова значительно уменьшается, составляя в среднем 0.3-0.6 см/сут. Нагрузка на снег от выпадающего на его поверхность свежего снега увеличивается скачкообразно.

Оседание снега в природных условиях происходит под действием его собственного веса, повышения температуры воздуха, ветра, дождей, выпадающих на поверхность снега, и других причин. Учет влияния каждого из перечисленных факторов на процесс

оседания снега практически чрезвычайно сложен, поэтому на практике используются лишь косвенные показатели процесса развития оседания снежного покрова. Эти косвенные показатели выявляются путем построения графиков связи схода лавин с изменением главных метеорологических элементов и высоты снежного покрова.

Когда разрушение снежинок не компенсируется уплотнением снега вследствие его оседания под действием силы тяжести, процесс, называемый деструктивной (разрушительной) метаморфозой снега, может привести к образованию лавин в течение ближайших дней по окончании снегопада. В процессе деструктивной метаморфозы свежевывапавший снег перерождается в зернистый. Происходит значительное изменение структуры во всей толще снега вследствие миграции водяных паров по порам снега в направлении температурного градиента, т.е. от зон с более высокой температурой к зонам с более низкой. Так как температура почвы и при почвенных слоях снега обычно выше, чем температура воздуха, в снеге происходит вынос вещества (с одновременным разрыхлением снега) из нижних слоев в верхние. В результате этого образуются кристаллы глубиной изморози.

Снег с большим содержанием глубинной изморози приобретает хрупкую структуру, количество связей (ледяных перемычек) между кристаллами уменьшается и может образоваться слой сыпучего снега. Этот процесс приводит к образованию опасных ослабленных горизонтов, служащих поверхностями срыва и скольжения лавин. Такие лавины, называемые лавинами сублимационной перекристаллизации, могут возникать при различных метеорологических условиях, казалось бы, без видимой причины. В их подготовке большую роль играют условия всей предшествующей части зимы.

Глубинная изморозь может подвергаться рекристаллизационному разрушению с изменением ее внешнего облика и перерождением в крупнозернистый снег. Этот процесс носит на звание процесса регрессивного метаморфизма. Снежный покров при этом приобретает более однородное строение, что уменьшает лавинную опасность.

Прогрев снега до температуры, близкой к нулю, при оттепелях и весеннем снеготаянии, а также выпадение дождя на снежный покров могут служить причиной образования влажных и мокрых лавин. Увлажнение снега до известного предела увеличивает его прочность, но далее с увеличением количества влаги он обрушивается со склонов.

Если в ясную морозную погоду солнечные лучи прогревают поверхность снежного покрова, то вследствие парникового эффекта происходит таяние внутри верхнего слоя снега, который образует небольшие поверхностные лавины. При весеннем снеготаянии и обильных дождях снежный покров пропитывается водой на всю толщину и образуются крупные лавины, захватывающие снег до самой почвы.

Лавины могут обрушиваться как с плоских склонов (осовы снежные оползни), так и из эрозионных ложбин на склонах, денудационных воронок и деформированных каров (лотковые лавины); движение лавин может происходить и по отвесным стенам (падающие и прыгающие лавины). В зависимости от вида поверхности может чередоваться движение лавины по грунту и по воздуху, а в зависимости от свойств снега вся лавина или ее часть может распыляться и двигаться в форме снежного облака (снежнопылевая

лавина). Скорости движения снежнопнлевых лавин достигают 50 м/с и более, при этом им сопутствуют воздушные волны и течения, опережающие лавину, уходящую вперед после остановки основной массы лавинного снега и нередко приносящие большие разрушения, чем сама лавина. (Воздушные волны иногда возникают и при непылевидных лавинах и крупных обвалах льда, горных пород, а также при некоторых селях).

В зависимости от свойств снега и строения снежного покрова лавины могут начинать движение, либо срываясь как пласт снега (так называемая снежная доска), либо осыпаясь с какого-то участка и образуя расширяющийся поток рыхлого снега.

Пластовыми бывают обычно метелевые лавины и лавины сублимационной перекристаллизации. Они могут сходить как в зимний морозный период, так и в период весеннего снеготаяния. Движение пластовых лавин происходит либо по поверхности нижележащего снега, если срывается верхняя часть снежного покрова, либо по грунту, если срывается снежный покров на всю толщину. Разгоняясь, поверхностная лавина нередко захватывает и нижележащие слои снега. В месте отрыва снежного пласта в снеге остается характерный уступ ломаных, зигзагообразных очертаний. Пластовая лавина, начав свое движение как осов в снегосборной воронке лавиносбора (площади, на которой образуется и развивается лавина) и набрав скорость, продолжает двигаться как лотковая лавина, достигнув суженного участка лавиносбора и войдя в лавинное русло.

Лавины рыхлого, сыпучего снега редко достигают очень больших размеров, но могут служить причиной схода более крупных пластовых лавин, если попадают на участок с недостаточно устойчивыми снежными слоями.

В оперативной практике заключение о возможностях лавинообразования фактически составляется с нулевой заблаговременностью, поскольку общепризнано, что предсказание точного времени схода лавины невозможно. Поэтому, как считает большинство исследователей, лавинный прогноз предполагает заблаговременное определение некоторого временного интервала, в течение которого снегонакопление и механическая неустойчивость снега на склонах, обусловленные изменением метеорологических условий, приведут к сходу лавин. Время начала и окончания этого периода должно (во всех случаях) контролироваться профилактическими способами лавинной защиты. Таким образом, задача сводится к опознаванию ситуаций, во время которых следует ожидать схода лавин.

В лавинном прогнозировании можно выделить две основные группы методов, основанные на: изучении стратиграфического разреза и оценке устойчивости снежной толщи на склонах (их целесообразно применять при прогнозе лавин, об радующихся вследствие сублимационной перекристаллизации) анализе метеорологических процессов, приводящих к сходу лавин (применимы главным образом для прогноза лавин, возникающих от явно выраженного действия метеорологических факторов).

Эти методы должны использоваться по возможности параллельно, так как они дополняют друг друга.

Прогноз, основанный на изучении строения и развития снежного покрова, учитывает

всю сумму погодных воздействий на снег и внутренние процессы в снежной толще; но он требует систематических наблюдений с начала зимы в зонах лавинообразования, что не всегда легко выполнимо. Тем не менее, он пока не является абсолютно надежным, не отражая всего многообразия реологических, термодинамических и других процессов, приводящих к лавинообразованию. Трудности при его использовании заключаются в сильной изменчивости свойств снега.

Возможно использование методов прогноза, основанных на установлении статистических критериев времени схода лавин в различных метеорологических условиях, учитывающих характер изменений прочности и устойчивости снежной толщи. Простейшим показателем устойчивости снежного пласта на склоне является отношение прочности снега в опасном горизонте (выраженной через сцепление, твердость, сопротивление резанию и т. д.) к снеговой нагрузке на опасный горизонт.

Фактически только при отношении, равном двум-четырем, снег залегаёт абсолютно устойчиво, когда лавины не образуются даже от взрыва, поэтому в расчёт вводят дополнительные коэффициенты, определяемые условиями погоды, развития снежного покрова и т.д. Другой ряд методов предлагает устанавливать наступление лавиноопасного периода, основываясь на статистической связи между временем наступления лавинной опасности и изменением снега-метеорологических элементов, определяющих сход лавин. Недостатком этих методов является, прежде всего их локальный характер. Применение их возможно только после нескольких лет наблюдений, на основании которых могут быть выявлены основные лавинообразующие факторы и численные их значения для данной местности.

Прогноз, основанный на одних лишь метеорологических данных, не всегда бывает достаточно определённым; лавины, обусловленные перекристаллизацией снежного покрова, при этом плохо прогнозируются, так как их обрушение слабо связано с текущей метеорологической обстановкой.

Незаслуженно меньшее внимание уделяется анализу синоптических процессов. Между тем, проблема прогноза последних более изучена по сравнению с проблемой лавинных ситуаций и располагает методами прогноза с заблаговременностью до 24 ч. и более.

Для условий горной местности эта проблема разработана недостаточно.

Методы, основанные на учёте процессов атмосферной циркуляции, целесообразно использовать только для фонового мелко-масштабного прогноза. Установлено, что лавинообразование происходит при самых разнообразных синоптических процессах. Наличие той или иной синоптической обстановки ещё не может определённо сказать на возможность лавинообразования в районе исследований. Однако учёт синоптического фона, предшествующего сходу лавин, в принципе позволяет составлять прогноз определённой метеорологической ситуации, которая может рассматриваться как основа прогноза лавинной опасности. Конкретизация его осуществляется на основе анализа условий погоды, состояния снежного покрова и особенностей рельефа, с учётом характера физических процессов, определяющих механическую устойчивость снега на склоне.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛАВИН

Для систематизации разнообразных сведений о лавиносборах, причинах образования и характеристиках снежных лавин применяются различные классификации. Одной из наиболее известных является классификация, предложенная К. Тушинским (1949), учитывающая особенности лавинного пути и состояние лавинообразующего снега. В ней выделено **7 видов лавин по морфологии снегосбора** и пути движения лавин:

1. Осовы (отрыв и скольжение снежных масс на ровном склоне);
2. Лотковые лавины (снежные массы движутся по фиксированному руслу) из эрозионных врезов – лл-1;
3. Лотковые из денудационных воронок – лл-2;
4. То же из деформированных каров – лл-3;
5. Прыгающие лавины (при наличии на пути движения участков отвесных скал, где происходит свободное падение снежных масс) из эрозионных врезов - пл-1;
6. То же из денудационных воронок – пл-2;
7. То же из деформированных каров – пл-3.

Для каждого из выделенных типов лавиносборов рассматривается три вида лавин по состоянию снега – из сухого метелевого и снежных плит; из влажного старого и из мокрого фирнового снега. Классификация Г.К. Тушинского удобна для характеристики лавиносборов на схематических лавинных картах.

Широкое признание получила также генетическая классификация лавин Аккуратова В. Н. (Гляциологический словарь, 1984), основанная на выявлении причин, вызывающих сход лавин. В ней выделяется **4 типа сухих лавин**:

1. Лавины из свежеснежавшего снега;
2. Из метелевого снега;
3. Возникающие в результате сублимационного диафтореза (роста глубинной изморози);
4. Лавины температурного сокращения снега (при резком понижении температуры воздуха) и три типа мокрых, лавин:
5. Инсоляционные лавины (вследствие ослабления связей при таянии снега в контактных зонах или в припочвенном слое в результате действия проникающей солнечной радиации);
6. Адвекционные лавины (вследствие ослабления связей в результате размыва водой, образующейся при таянии поверхности снега при адекватном перемещении воздушных масс);
7. Промежуточные лавины (при совместном воздействии солнечной радиации и адвекции масс воздуха).

Таблица 3 – Международная морфологическая классификация лавин

Зона	Критерии	Альтернативная характеристика, название лавины и код
Зарождение	А. Тип начала движения	А1. Двинулась из точки (лавина из рыхлого снега) А2. Двинулась с линии (лавина из снежной плиты) А3. Мягкая плита А4. Твердая плита
	В. Положение поверхности скольжения	В1. Внутри снежного покрова (лавина поверхностного слоя) В2. Срыв в новом снежном покрове В3. Срыв в старом снежном покрове В4. По грунту (лавина полной глубины)
	С. Жидкая вода в снеге	С1. Отсутствует (сухая лавина) С2. Имеется (мокрая лавина)
Транзит	D. Форма пути	D1. Движение на ровном склоне (не канализованная лавина) D2. Движение в лотке (лотковая лавина)
	E. Тип движения	E1. Облако снежной пыли (пылевая лавина) E2. Течение вдоль поверхности грунта (текучая лавина)
Отложение	F. Поверхностная шероховатость отложений	F1. Крупнокомковые отложения F2. Угловатые блоки F3. Окатанные комья F4. Мелкокомковые отложения
	G. Жидкая вода в свежих отложениях	G1. Отсутствует (сухие лавинные отложения) G2. Имеется (мокрые лавинные отложения)
	H. Загрязнение отложений	H1. Нет явного загрязнения (чистая лавина) H2. Имеется загрязнение (загрязненная лавина) H3. Скальные обломки, остатки почвы H4. Ветки, деревья H5. Обломки сооружений

Для каждого типа лавин даются краткие описания причин: их возникновения, рассмотрены также характер движения структура снега и вид лавинных отложений.

Классификация В.Н. Аккуратова (1956) долгое время успешно применялась при прогнозировании лавиноопасных районов.

В настоящее время для описания и систематизации характеристик лавин и при прогнозировании лавинной опасности применяются международные морфологические и генетические классификации.

Международная морфологическая классификация лавин позволяет передавать информацию о лавинах в закодированном виде, где символы для критериев даются в виде: заглавных букв (А, В, С, D, E, F, G, H), а символы для характеристик - в виде цифр (табл. 3). Кроме цифровых символов (1-5) предлагается использовать цифры: 0 - когда нет сведений о характеристике, 7 или 8 - для смешанных характеристик и 9 - для отсылки к специальному замечанию. Например, код А3 D2 С1 D9 E1 F4 G1 H4 обозначает, что лавина образовалась из мягкой снежной плиты в результате отрыва в новом снежном покрове, лавина из сухого снега двигалась по лотку и образовала воздушную волну (9 отсылает к специальному замечанию, уточняющему характеристику пути движения лавины), отложения лавины мелкокомковатые, сухие, содержащие ветки деревьев.

5. ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Одна из основных причин нарушения устойчивости снежного покрова – увеличение массы снега. До критической величины в результате выпадения осадков и метелевого снегопереноса. Вторая причина – уменьшение удерживающих сил в результате процессов метаморфизма и ползучести снега.

Нарушение устойчивости рыхлого сухого снега наступает при увеличении его толщины до критической. Происходит это чаще всего во время снегопадов на склоны крутизной 30 - 40°. Потерявшая сцепление с основанием масса начинает с ускорением перемещаться вниз по склону. Сначала по мере нарастания слоя увеличивается интенсивность вязкого уплотнения и течения снегопада, что приводит к мелким нарушениям сплошности снежного покрова. В какой-то момент наступают критические условия, когда некоторая масса теряет сцепление с основанием и начинает двигаться с ускорением, оказывая дополнительное динамическое воздействие на расположенный ниже по склону участок снежного покрова. Это давление в свою очередь нарушает устойчивость встречаемого на пути массива снега и вовлекает его в движение. В результате возникает расширяющийся поток снега, который на крутом склоне движется с возрастающей скоростью, захватывая все новые и новые его порции. Набрав скорость, поток рыхлого снега может вовлечь в движение и слои старого, более плотного снега. Однако объемы лавин из рыхлого сухого снега обычно относительно небольшие, так как на склонах редко скапливаются его большие массы. Чаще всего свежий снег откладывается в виде снежных плит, обладающих повышенным по сравнению с рыхлым снегом сцеплением.

Снежные плиты могут состоять из снега любого вида – мягкого, пушистого свежего снега, уплотненного метелевого снега, твердого старого или мокрого весеннего снега. Конкретные причины и механизм нарушения устойчивости снежных плит во многом зависят от их плотности и прочности характеристик, которые в свою очередь определяются условиями формирования снежного покрова и последующими

процессами уплотнение и метаморфизма снега.

Нарушение устойчивости плит из снега малой плотности происходит чаще всего на контакте свежего снега с более плотным старым из-за уменьшения локальной устойчивости вследствие увеличения напряжения сдвига, за счет выпадающего свежего или отложения метелевого снега. На склоне с переменным профилем условия для нарушения устойчивости возникают в первую очередь на крутых его участках. Возникшая лавина может на своем пути вовлекать в движение старый уплотненный снег. Обрушение происходит обычно во время снегопада или метелевого снегопереноса, а также в течение ближайших часов после окончания снегопада и метелей. Плита из твердого снега может находиться в локально неустойчивом состоянии. Обрушение происходит чаще всего вследствие нарушения ее целостности и резкого уменьшения сил сопротивления на краях плиты. Непосредственной причиной нарушения устойчивости плиты могут быть различные случайные факторы (например, нарушение сплошности плиты при резкой неоднородной осадке нижерасположенного слоя снега, излом плиты при проходе лыжника или при искусственном воздействии на снежный покров, образование в зоне растяжения трещин при быстром понижении температуры). Предельное состояние может быть достигнуто и при постепенном перераспределении внутренних напряжений растяжения и сжатия в плите в результате процессов метаморфизма, ползучести и ослабления связей ее с основанием. Во время дополнительных осадков и метелевого снегопереноса увеличение массы плиты может приводить к разрыву пласта в зоне растяжения. Возможны также случаи, когда вначале произойдет излом плиты в зоне неравномерной осадки, а разрыв пласта будет вторичным (рис. 4).

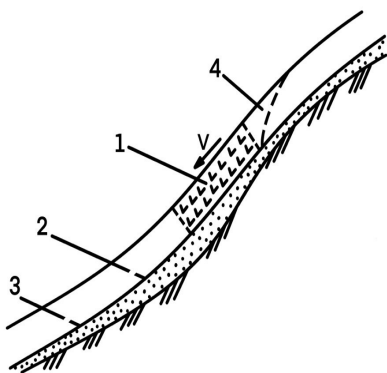


Рисунок 4. Нарушение устойчивости плиты из слабо уплотненного снега:

- 1 – начальный объем снега, теряющий сцепление с нижним слоем снега;
- 2, 3 – последовательные контуры участков плиты, вовлекаемых в движение;
- 4 – участок плиты, теряющий устойчивость после соскальзывания объема 1;

Характерная особенность обрушения снежных плит – одновременное нарушение устойчивости и движение на значительном по площади участке снежного покрова, сопровождающееся разрывом пласта по верхней границе этого участка.

Граница отрыва представляет собой ломаную линию или неровную дугу в верхней части лавиносбора. Поверхность отрыва близка к плоскости, перпендикулярной к основанию снежной плиты. Наибольшие плиты обрушаются на склонах крутизной 30-45°. При движении плита быстро разрушается, дробится и превращается в снежный поток. Нижняя часть потока состоит из обломков плиты, и его плотность близка к плотности потерявшего устойчивость снежного покрова.

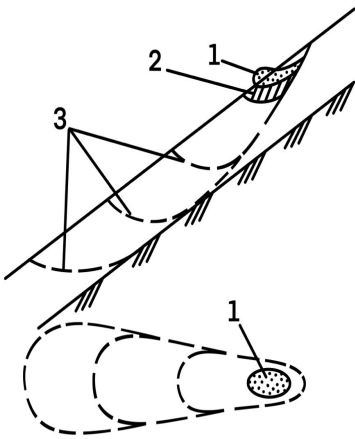


Рисунок 5. Зарождение лавины из мокрого снега:

1 – начальный объем снега, потерявший сцепление с основанием;
2 – зона, в которой может произойти скачкообразное уплотнение под действием дополнительной нагрузки от пришедшего в движение объема 1;
3 – последовательные контуры вовлекаемого в движение снега;

и сдвига на границе между зоной неустойчивого состояния и ненарушенным снежным покровом.

Если напряжение сжатия превышает сопротивление снега сжатию, происходит скачкообразное уплотнение снега в прилегающей зоне, сопровождаемое нарушением начальных структурных связей между его зернами. При этом нарушается сцепление вновь уплотненной зоны с ненарушенным снежным покровом, что облегчает частичное соскальзывание нарушенной массы снега и последующее нарастание давления на расположенный ниже ненарушенный покров. После этого процесс может повторяться с нарушением все новых зон снежного покрова вовлечением их в соскальзывающую массу снега. Работа, совершаемая движущимся снегом, расходуется на его частичное таяние, особенно на контакте скольжения. Это вызывает дополнительное увлажнение, уменьшает сопротивление сдвигу и способствует увеличению скоростей оползания, что

Верхняя часть потока состоит из легких частиц раздробленной снежной плиты, плотность потока в этой части убывает с высотой. В весенний период через снежный покров просачивается вода, образующаяся при таянии верхних слоев. Вода перемещается в виде пленок по поверхности зерен или фильтруется между зернами (рис. 5). При этом зерна округляются, а ледяные связи между ними разрушаются и заменяются водными пленками, что приводит к уменьшению сил сцепления и сопротивления снега сжатию, что может вызвать нарушение устойчивости снежного покрова. Начальным импульсом нарушения устойчивости снега служат падение куска снежного карниза, случайно движущийся по склону камень или ком снега, увеличение содержания воды в снеге, резкое оседание снега на локальном участке или искусственное воздействие на снежный покров. В результате действия какого-либо из перечисленных факторов на небольшом участке снежного покрова нарушаются первоначальные связи между зернами снега, и образуется зона неустойчивого состояния.

Масса снега в этой зоне начинает сползать вниз, оказывая дополнительное силовое воздействие на расположенный под ней и ниже по склону снежный покров, что увеличивает напряжения сжатия и

В условиях интенсивного неравномерного снеготаяния и концентрации стока талой воды возможно образование водоснежных потоков, которые по своему составу и характеру движения занимают промежуточное положение в ряду катастрофических склоновых процессов между снежными лавинами и селевыми потоками.

в свою очередь повышает силы давления сползающего снега на ненарушенный снежный покров и способствует вовлечению в движение новых масс снега и расширению движущегося потока.

Наиболее существенным отличием водоснежных потоков от лавин из мокрого снега является то, что в их образовании ведущую роль играет появление в снеге свободной воды и потоки могут возникать на относительно пологих склонах, где возникновение лавин невозможно.

Течение насыщенного водой верхнего слоя снежной толщи по поверхности нижележащего слоя снега – возникает в руслах водотоков крутизной от 5 до 25° и на относительно пологих плоских или слабовогнутых участках склонов в начальный или наиболее интенсивный период таяния снега, а также при выпадении жидких осадков. Течение обуславливается тем, что на тех участках, где уровень фильтрационных вод приближается или выходит на поверхность, снег насыщается водой и теряет устойчивость.

Течение разжиженной снежной массы по каналу – наиболее часто начинается на широких выположенных днищах цирков и каров с уклонами менее 5°, где при таянии создаются условия для того, чтобы вся толща снега пропиталась водой. Ниже таких выположенных участков обычно имеются более крутые каналы, куда начинает стекать разжиженная снежная масса.

Русловые водоснежные потоки, захватывающие и вовлекающие в движение весь находящийся в русле снежный поток. Начальным импульсом для образования руслового водоснежного потока помимо упомянутого течения разжиженной снежной массы может быть прорыв в заснеженное русло некоторого объема воды, способного разрушить снежный покров в русле и вовлечь его в движение. Требуемый запас воды может образовываться вследствие возникновения на пути стока снежных запруд.

6. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ

6.1. Виды прогнозов

В настоящее время применяется три вида прогнозов лавинной опасности – фоновый мелкомасштабный для горной территории, фоновый крупномасштабный для горного бассейна или группы лавиносборов и детальный для заданного лавиносбора или лавиноопасного склона (локальный прогноз).

Лавинный прогноз предполагает заблаговременное определение некоторого временного интервала, в течение которого снегонакопление и процессы метаморфизма могут привести к нарушению устойчивости снежного покрова и образованию лавин. Он тесно связан с прогнозом метеорологических условий, так как вид, интенсивность выпадения, количество атмосферных осадков, метелевый снегоперенос, температура и влажность воздуха и другие характеристики метеорологических условий непосредственно влияют на состояние и устойчивость снежного покрова.

Фоновый прогноз заключается в оценке лавинной опасности в рассматриваемом горном

районе и выдается в виде «лавиноопасно» или «нелавиноопасно». Заблаговременность прогнозов лавин ограничивается отсутствием количественных методов длительного прогноза интенсивности осадков, интенсивности и продолжительности оттепели и других метеорологических показателей в горах. Обычно она измеряется часами, а зачастую прогноз выдается с «нулевой» заблаговременностью, т. е. дается лишь текущая оценка лавинной опасности. Локальный прогноз предусматривает определение показателей устойчивости снежного покрова в зоне зарождения лавин конкретного лавиносбора и времени до предполагаемого самопроизвольного схода лавин, оценку вероятного объема и дальности выброса лавины, выбор оптимальных условий для ликвидации лавинной опасности путем искусственного спуска лавины.

Методы прогноза лавин в б. СССР разрабатывались начиная с 30-х годов, сначала в Хибинах, затем на Кавказе, где они нашли широкое практическое применение. Наиболее разработан фоновый прогноз лавин, вызываемых снегопадами и метелями. Достигнуты также определенные успехи в разработке фоновых прогнозов лавин из мокрого снега, основанных главным образом на анализе снегометеорологической обстановки и установленных статистических зависимостей между временем наступления лавинной опасности и изменением факторов, определяющих сход лавин. При этом используется вся доступная информация о строении, плотности и температурном режиме снежного покрова и локальные характеристики его устойчивости.

Методы локальных прогнозов разработаны еще слабо, что обусловлено отсутствием методики и аппаратуры для получения надежной информации о состоянии и свойствах снежного покрова в зонах зарождения лавин, а точность существующих способов определения прочностных характеристик и показателей устойчивости снежного покрова мала.

6.2. Прогноз лавин, вызываемых снегопадами и метелями

Снегопады и метели непосредственно влияют на устойчивость снежного покрова, поэтому лавины, вызванные ими, называют лавинами «прямого действия». Тем не менее на процессы лавинообразования оказывают существенное влияние и другие факторы. Для качественной оценки вероятности схода лавин оценивают 10 основных лавинообразующих факторов: высота старого снега, состояние старого снега и его поверхности, высота свежевыпавшего или отложенного метелью снега, вид свежевыпавшего снега, плотность свежевыпавшего снега, интенсивность снегопада (скорость отложения снега), количество и интенсивность выпадения осадков, оседание снега, ветер, температура (Г.К. Тушинский, 1965):

Высота старого снега

Первые снегопады обычно не сопровождаются лавинообразованием. Снег сначала заполняет неровности на склоне, и лишь после этого может возникнуть ровная гладкая поверхность, способствующая скольжению снежного покрова. Поэтому вероятность образования лавины тем больше, чем больше высота старого снега до начала снегопада.

При этом весьма важно отношение высоты старого снега к характерным размерам неровностей на склоне. Так, на гладких травянистых склонах лавинная опасность может возникнуть при высоте снежного покрова в 15-20 см, а на склонах с крупными скальными выступами или кустами — лишь при высоте старого снега 1-2 м.

Состояние старого снега и его поверхности

Характер поверхности снега влияет на сцепление свежеснежного снега со старым. Гладкая поверхность ветровых снежных плит или ледяная корка благоприятствуют сходу лавин. Вероятность потери устойчивости свежего снега увеличивается, если такая поверхность была покрыта тонким слоем порошковидного снега. Шероховатая поверхность, ветровые застрugi, ноздреватые корки от дождя, наоборот, уменьшают возможность лавинообразования. Особенности старого снега определяют то количество свежеснежного или метелевого, которое он может выдержать, не разрушаясь, и его способность удерживаться на склонах, не вовлекаясь в лавину при скоплении по нему нового снега. Особенно предрасполагают к лавинообразованию наличие слоев и прослоек глубинной изморози, образование которых в свою очередь определяется типом поверхности склона и термодинамическими условиями процессов перекристаллизации снежного покрова.

Высота свежеснежного или отложенного метелью снега

Увеличение высоты снежного покрова - один из важнейших факторов лавинообразования. Количество выпавшего снега часто используется в качестве показателя потенциальной лавинной опасности. Для каждого района есть определенные критические высоты свежего снега, при превышении которых возникает лавинная опасность. Однако надо всегда помнить, что высота снега как показатель лавинной опасности должна использоваться в сочетании с другими факторами лавинообразования.

Вид свежеснежного снега

Тип выпадающих твердых осадков влияет на механические свойства снежного покрова и его сцепление со старым снегом. Так, при выпадении холодных призматических и иглообразных кристаллов образуется рыхлый снежный покров, характеризующийся малым сцеплением. Он образуется также при выпадении звездчатых кристаллов в морозную безветренную погоду. Если же температура воздуха около 0°, то снежинки во время падения могут соединяться и выпадать в виде крупных хлопьев. Снежный покров из таких частиц быстро уплотняется. Наибольшая вероятность образования лавин возникает при формировании покрова из свежеснежного пушистого и сухого мелкозернистого снега; часто образуются лавины из сухого уплотненного снега, а при отложении влажного и мокрого снега лавины возникают редко.

Плотность свежеснежного снега

Наибольшая вероятность образования лавин наблюдается при образовании снежного покрова малой плотности—менее 100 кг/м³. Чем больше плотность нового снега во время снегопада, тем меньше вероятность лавин. Повышение плотности снега уменьшает вероятность возникновения лавин, но это правило не относится к снежным

плитам, образующимся во время метелей.

Интенсивность снегопада (скорость отложения снега)

При малой интенсивности снегопада уменьшение показателя устойчивости снежного покрова на склоне в результате увеличения сдвигающих усилий компенсируется увеличением устойчивости за счет повышения сцепления и коэффициента трения при уплотнении снега. По мере увеличения скорости отложения снега влияние увеличения его массы преобладает над влиянием его уплотнения, и создаются условия для уменьшения устойчивости снежного покрова и образования лавин. Количество и интенсивность выпадения осадков - фактор, по существу, соответствующий предыдущему. Он более точно характеризует приращение массы снега на единицу площади горизонтальной проекции склона, в том числе с учетом жидких осадков и метелей.

Количество и интенсивность выпадения осадков – фактор, по существу, соответствующий предыдущему. Он более точно характеризует приращение массы снега на единицу площади горизонтальной проекции склона, в том числе с учетом жидких осадков и метелей.

Оседание снега

Процессы уплотнения и оседания выпадающего снега увеличивают его сцепление и коэффициент внутреннего трения и этим способствуют повышению устойчивости снежного покрова. Снег малой плотности имеет малую начальную прочность, но быстро уплотняется; плотный снег при большой начальной прочности оседает медленно. Важное значение имеет оседание снега как во время снегопада или метели, так и сразу после их окончания. На лавинообразование иногда оказывает влияние оседание старого снега (например, неравномерные осадки снега под прочной снежной плитой могут привести к излому плиты и нарушению ее устойчивости).

Ветер

Ветровой перенос приводит к перераспределению снежного покрова и к образованию твердых корок и снежных плит и надувов. Ветер образует снежные карнизы и ниже их – скопления рыхлого снега. Сильный ветер создает подсос воздуха из снежной толщи, чем способствует миграции водяных паров и разрыхлению нижних слоев снега. В процессах лавинообразования ветер играет важную роль, особенно как фактор метелевого снегопереноса.

Температура

Влияние температуры на лавинообразование многостороннее. Температура воздуха влияет на вид выпадающих частиц твердых осадков, на формирование и уплотнение и температурный режим снежного покрова. Различия в температуре снежного покрова по глубине определяют процессы температуроградиентного метаморфизма. Температура снега существенно влияет на характеристики его вязких и прочностных свойств. Быстрое понижение температуры воздуха может приводить к образованию температурных трещин разрыва снежного пласта и возникновению лавин. В США

делались попытки использовать сведения о лавинообразующих факторах для оперативной оценки и прогнозирования лавинной опасности. Для этой цели каждый из перечисленных факторов оценивался по десятибалльной системе в зависимости от его предрасположения к лавинообразованию, затем эти баллы суммировались. Возможная сумма баллов от 0 до 100. Чем больше сумма баллов, тем вероятнее сход лавин, 0 означает отсутствие лавинной опасности, а 100 - наибольшую вероятность схода лавин.

Подобные способы оценки лавинообразующих факторов для фоновых прогнозов лавинной опасности применялись и в СССР. Для прогноза лавин во время снегопадов и в б. СССР, в некоторых лавиноопасных районах в дополнение к перечисленным 10 факторам используются еще характеристики синоптических процессов и устойчивости снежной толщи. При анализе синоптических процессов, приводящих к снегопадам и сходу лавин, выявлены наиболее типичные ситуации и дана их количественная оценка в баллах. На основании анализа и статистической обработки материалов наблюдений за лавинами и сопутствующих им метеорологических условий оценена вероятность схода лавин в баллах в зависимости от лавинообразующих факторов. Общая сумма баллов показывает степень лавинной опасности, с увеличением суммы растет вероятность схода лавин. Подсчет баллов лавинообразующих факторов начинают производить при накоплении 7-8 см нового снега на площадке наблюдений снеголавинной станции.

Затем периодически, через определенные промежутки времени, расчет повторяется. При известной скорости прироста толщины снега определяется время до наступления лавинной опасности как время достижения критической высоты снега.

Часто для прогноза лавин используются эмпирические графики связи схода лавин с интенсивностью снегопада, температурой воздуха при снегопаде, скоростью ветра и другими факторами.

Оправдываемость прогнозов, основанных на эмпирических зависимостях определяется прежде всего, количеством и надежностью используемой метеорологической информации и тем, насколько четко эти зависимости характеризуют лавинную деятельность. Для повышения надежности прогнозов необходимо, чтобы метеорологические площадки располагались в высотной зоне наибольшей повторяемости лавин. Особое внимание следует уделять выделению факторов, наиболее сильно влияющих на лавинообразование в заданном районе, и комплексно использовать их для вероятностно-статистической оценки лавинной ситуации. Важно также своевременно анализировать процессы атмосферной циркуляции, предшествующие сходу лавин из свежеснеговывающего и метелевого снега. Это позволяет увеличить заблаговременность прогнозов.

6.3. Прогноз лавин, вызываемых перекристаллизацией снега

Для прогноза лавин необходимо учитывать не только текущие метеорологические условия, но и характеристики всей предыдущей части зимы. Особенно важно знать температурный режим, стратиграфическое строение, плотность и прочностные характеристики снега в зоне зарождения лавин. Проводить непосредственные

наблюдения за снежным покровом в этой зоне опасно, поэтому его характеристику определяют на основании дистанционных наблюдений, замеров на опытной площадке и маршрутных снегомерных работ в лавинобезопасных местах вблизи зоны зарождения лавин. Наиболее опасны склоны с относительно неглубоким, но значительно перекристаллизованным снежным покровом. Из-за неоднородности осадки возможно образование трещин в плите и нарушение ее устойчивости. Особо неблагоприятные условия возникают при сильном снегопаде или при отложении метелевого снега, когда возникает дополнительная нагрузка на потенциально неустойчивый слой.

Опасно, когда снегопад при сравнительно высокой температуре воздуха образует пушистый покров, на который в дальнейшем навевается метелевый снег, образующий снежную плиту, где происходит быстрая перекристаллизация пушистого снега. Неоднородность снежной толщи, особенно наличие в ней корок или слабых слоев, создает возможность схода лавин почти на всех стадиях развития снежного покрова. Поэтому на такие признаки следует обращать особое внимание.

Лавины, вызываемые перекристаллизацией снега, возникают обычно, когда на склоне есть потенциально неустойчивые однослойные или многослойные снежные плиты. На некоторых участках они находятся в локально неустойчивом состоянии и удерживаются на склоне за счет краевых усилий. Нарушение устойчивости этих плит может быть вызвано различными непредвиденными причинами (обрушение снежного карниза, падение камня, проход лыжника, неравномерная осадка снега под плитой и т. п.). Выдать прогноз времени схода лавин практически невозможно, поэтому ограничиваются оценкой вероятности схода.

С целью получения количественных характеристик снежного покрова для расчетов его локальной устойчивости на лавиноопасных склонах проводится шурфование снежной толщи на заранее выбранных участках с периодичностью в 10 дней. В это время определяют стратификацию снежной толщи, послойную плотность и изменение кристаллов. Для расчета изменений показателя локальной устойчивости в промежутки между обследованиями снежного покрова проводят расчеты интенсивности перекристаллизации и вероятных изменений прочностных свойств снега с использованием информации о метеорологических условиях и температуре снежного покрова. Таким же образом определяются прогнозные оценки вероятного уменьшения устойчивости снежного покрова на основании прогноза метеорологических условий и температурного режима снежной толщи.

Особое внимание уделяется прогнозу лавин при ожидаемом резком понижении температуры воздуха и при снегопаде. Понижение температуры вызывает

6.4. Прогноз лавин из мокрого снега

дополнительные растягивающие напряжения в снежной плите в местах перегибов, что может послужить причиной образования трещины отрыва и нарушения устойчивости плиты. Даже небольшой снегопад может создать дополнительную нагрузку, достаточную для хрупкого разрушения глубинной изморози, нарушения сплошности снежных плит и образования лавин.

Массовый сход лавин из мокрого снега обычно происходит весной, когда начинается таяние снега. Такие лавины возможны и зимой в результате оттепелей и выпадения на снежный покров дождя. Прогноз таких лавин основан на анализе наблюдений за температурой, теплообменом и влажностью снежного покрова. Задача прогноза решается на основании анализа лавинообразующих факторов и их критических значений.

Лавины из свежеснеговывпавшего мокрого снега образуются в результате интенсивного потепления с переходом температуры воздуха через нуль. Сход лавин происходит, если за снегопад, предшествующий потеплению, сумма твердых осадков составила 10 мм и более.

Суточный прогноз лавин из свежеснеговывпавшего снега составляется двух видов: «лавиноопасно» и «нелавиноопасно». Прогноз составляется заблаговременно (за 12 ч) и уточняется по фактической температуре воздуха. Необходимым условием для схода лавин из старого мокрого снега является устойчивый (более одних суток)

6.5. Локальные прогнозы лавинной опасности

переход температуры воздуха к положительным значениям. В некоторых районах используются эмпирические графики связи времени наступления схода мокрых лавин от интенсивности повышения температуры воздуха; лавинообразования со сцеплением снега, снеговой нагрузкой и суммой положительных температур воздуха и другие эмпирические зависимости. Методы прогноза лавин из мокрого снега пока разработаны не полностью и требуют дальнейшего совершенствования.

Методы оценки лавинной опасности и прогноза лавин в конкретных лавиносборах связаны с большими сложностями. Чаще всего приходится ограничиваться фоновым прогнозом лавинной опасности для горного района на основании комплекса метеорологических данных. Совершенствование методики локальных прогнозов требует решения трех проблем – повышения точности существующих способов определения прочностных характеристик снежного покрова, разработки способов получения достоверной информации о состоянии и свойствах снежного покрова в зоне зарождения лавин и повышения надежности локальных прогнозов метеорологических условий.

Для оценки устойчивости снежного покрова в зоне зарождения лавин необходимо иметь сведения о высоте, строении и плотности снежного покрова с учетом их пространственной неоднородности и прочностные характеристики снега, прежде всего данные о сцеплении и коэффициенте трения на ослабленных поверхностях и о величинах сопротивления снега разрыву и смятию. Получение таких данных в достаточном количестве весьма сложно. Существующие методики определения прочностных характеристик снега предусматривают измерения сопротивления снега быстрому срезу и быстрому разрыву. В то же время известно, что при длительном действии сдвигающего усилия величина сцепления может снизиться в два раза и более. Расслабление снега наблюдается и при длительном действии растягивающего усилия. Существенную роль играют также масштабные эффекты. Это вынуждает вводить в расчеты устойчивости снежного покрова поправочные коэффициенты, учитывающие

расхождения между экспериментально определяемыми величинами сцепления и коэффициента трения и реальными характеристиками снежного покрова. Сейчас большое внимание уделяется разработке унифицированных приборов и единой стандартной методики для определения прочностных характеристик снега.

Информация о снежном покрове в зоне зарождения лавин обычно очень ограничена из-за труднодоступности этой зоны. Изредка там устанавливают рейки для визуальных дистанционных наблюдений за высотой снежного покрова. В нелавиноопасные периоды возможно проведение снегомерных съемок, при которых может производиться зондирование снежного покрова для определения его высоты и послойной твердости, одновременно могут отбираться пробы снега для определения его структуры, плотности и механических свойств. Однако такие работы возможны далеко не всегда, так как подчас нельзя обеспечить безопасность их проведения. В связи с этим информация о снежном покрове в зоне зарождения лавин часто ограничивается косвенными сведениями, получаемыми при наблюдениях за снежным покровом на лавинобезопасных участках вблизи от интересующего лавиносбора, фотографиями и визуальными наблюдениями. Во время снегопадов и метелей и эти сведения практически отсутствуют.

В настоящее время разрабатываются новые измерительные системы и методики для увеличения объема информации о снежном покрове.

Так, уже широко применяются системы для дистанционного измерения температуры грунтов и снега. Разрабатываются конструкции стоек и труб, пригодных для установки на лавиноопасных склонах и способных сохранить свою устойчивость при сходе лавин. Если такую стойку оснастить датчиками температуры, установленными на заданных высотах, например, через 10 см, и соединить их кабелем с расположенной в лавинобезопасном месте измерительной аппаратурой или радиопередатчиком, то появляется возможность получать текущую информацию о температуре снежного покрова. По более интенсивным изменениям температуры воздуха по сравнению с показаниями датчиков в снежном покрове можно определить высоту снежного покрова. Технически возможно создать измерительные системы для дистанционного определения плотности и скоростей течения снежного покрова на склоне, но они пока существуют лишь в виде опытных экземпляров или предварительных разработок.

Метеорологические условия в лавиносборах могут существенно отличаться от условий, определяемых на метеостанции в этом же районе. Это особенно относится к ветровому режиму, метелевому снегопереносу, радиационному балансу и таянию снега. Поэтому при составлении прогнозов метеорологических условий в заданных лавинных очагах необходимо учитывать и анализировать локальные условия. Для этой цели могут производиться специальные наблюдения за направлением и интенсивностью метелевого снегопереноса, изменением скоростей ветрового потока в различных местах лавиносборов и отложениями метелевого снега. В некоторых случаях может оказаться целесообразным проведение экспериментальных исследований моделей горных участков в аэродинамическом канале.

Особенности радиационного баланса могут быть использованы при теоретических расчетах прихода прямой солнечной радиации на горные склоны, принимая во внимание их ориентацию и крутизну. Учет локальных особенностей метеорологического режима позволит более точно прогнозировать изменения плотности, температуры и прочностных характеристик снежного покрова.

7. ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ НА ЛАВИНООПАСНЫХ СКЛОНАХ

В основу локальных прогнозов лавинной опасности целесообразно закладывать метеорологические прогнозы и физические процессы в снежном покрове, используя методы статистики и теории вероятности и математическое моделирование. Выход на лавиноопасный склон даже для опытных специалистов представляет риск, увеличивающийся при неустойчивой погоде. Статистика лавинных катастроф отмечает, что большинство обвалов, сопровождающихся гибелью людей, были вызваны самими жертвами. Обычно следует избегать выхода на покрытые снегом склоны крутизной более 30°. При необходимости пересечь лавиносбор в период возможной неустойчивости снежного покрова лучше в зоне выброса, чем в зоне зарождения лавины или в лавинном лотке. Если же требуется пересекать стартовую зону лавин, то желательно это делать как можно выше, по возможности выше предполагаемой линии отрыва.



Рисунок 6. Выбор маршрута при подъёме

Следует помнить, что **лыжник на склоне может инициировать потерю устойчивости снежного покрова и вызвать сход лавины**. Подниматься к месту пересечения лавиносбора следует по контуру напряжения, окаймляющий лавинный лоток и зону зарождения лавин (рис. 6). При необходимости подъемов и спусков в стартовой зоне следует придерживаться края этой зоны. При растрескивании снежной плиты человеку, находящемуся на краю приходящего в движение снежного пласта, больше шансов спастись, чем находящемуся в центральной части зоны зарождения лавин. При возможности выбора предпочтение отдается стартовым зонам, из которых лавины сходят на плоские открытые зоны отложения, по сравнению с зонами, где они выбрасываются в глубокие ложины, лес или скальный сброс. Пересечение лавиноопасного склона производится поочередно. Один лыжник выезжает на склон, а остальные остаются в безопасном месте, откуда виден путь движения

спуск только после сигнала, ранее пересекшего склон лыжника. Небольшие внешне неопасные лавины представляют большую угрозу, если падают с обрывов в ущелья. Хотя погребенный в снежной лавине человек чаще всего погибает от удушья, во многих случаях смерть наступает из-за ударов, нанесенных увлекаемыми лавиной камнями и обломками деревьев. Особенно опасны снежные обвалы в начале зимы по склонам, где еще сохраняется много неровностей и выступающих камней. Группа, выполняющая работы по оценке лавинной опасности и искусственному обрушению снега, должна состоять как минимум из двух человек. Они должны вести себя таким образом, чтобы ни в коем случае не подвергаться опасности одновременно. В случае если лавина застигнет одного из них, другой сможет откопать его или привести спасателей. Захваченному лавиной человеку рекомендуется по возможности пытаться удержаться на поверхности лавинного потока и двигаться к его краю. В лавине из рыхлого снега целесообразно делать плавательные движения руками, пытаться «плыть» на поверхности. Если же человек погружается в лавинный поток, то рекомендуется закрыть лицо руками, создавая пространство для дыхания, а при остановке потока попытаться взломать снег и поднять одну руку.

Никогда не следует работать на лавиноопасных участках или путешествовать в горах в одиночку. Это основное правило, особенно во время лавиноопасных периодов.

Зафиксированы случаи, когда такие приемы спасли жизнь попавшим в лавину людям. При выполнении работ по обрушению карнизов и искусственному нарушению устойчивости снежного покрова лыжами в верхних зонах небольших лавиносборов полезно пользоваться альпинистской веревкой. Человеку, страхующему выходящего на опасный склон лыжника, рекомендуется привязываться к дереву, камню или организовать снежный якорь. Характеристики снежного покрова весьма многообразны и изменчивы. Предугадать все возможные варианты устойчивости снежного покрова практически не возможно. Поэтому выполняющие работы в лавиноопасных зонах должны тщательно готовиться к проведению намеченных работ. Руководители должны иметь знания и опыт работы в лавиноопасных районах, а все работники должны предварительно проходить, соответствующий инструктаж.

8. СПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Попавшие в лавину люди могут погибнуть от тяжелых травм во время перемещения лавинного потока и при ударах о деревья, камни и неровности рельефа. Однако в большинстве случаев смерть наступает от удушья. Снег попадает в рот жертвы, давит на его грудь. При остановке лавинного потока снег откладывается настолько плотно, что человек не может двигать ни руками, ни ногами. Единственная возможность спасти жизнь попавшего в лавину человека – это быстрые и правильно организованные спасательные работы. Шансы на то, что засыпанный лавиной человек останется живым, быстро уменьшаются по мере увеличения промежутка времени до его извлечения из-под снега.

По данным статистики, при откапывании попавшего в лавину человека в течение 10 минут в живых остаются около 70%, через 1 ч. – 30%, а после 2 ч. – менее 20%.

Известны случаи, когда в живых оставались люди, засыпанные лавиной и откопанные через 3 суток и более, однако это исключительные случаи. Обычно 2 ч являются пределом времени, в течение которого засыпанный может оставаться живым. В снеге благодаря его пористости содержится достаточно воздуха для сохранения жизни человека. Однако в течение 2 ч вокруг лица человека, засыпанного лавиной, образуется ледяная маска, препятствующая дыханию. Поэтому при спасательных работах следует стремиться к тому, чтобы извлечь пострадавшего из лавины как можно быстрее. Поскольку человек, погребенный лавиной, может оказаться в особых условиях (например, в воздушном мешке), спасательные операции должны продолжаться не менее 24 ч. Успех спасательных работ зависит от опыта и знаний руководителя работ, спасателей и наличия специального оборудования. Спасательные операции должен возглавлять руководитель или заранее назначаемый ответственный за технику безопасности работник, знакомый с правилами поиска и спасения людей, попавших в лавину. Важное значение имеет четко работающая, и быстрое оповещение членов спасательной команды, рациональное размещение помещений со спасательным оборудованием и обеспечение транспортом. На складе спасательного оборудования должны храниться: горные лыжи для скитур, лавинные зонды и лопаты, лавинные датчики, налобные фонари, веревки, аптечка первой помощи, специальные сани (Акья). Рекомендуется иметь также дополнительное оборудование: запас продовольствия, палатку, теплый спальный мешок, коврик, рации и спутниковый телефон, простейшее медицинское реанимационное оборудование. При поиске пострадавших необходимо использовать современные методики поиска и оборудования, которые повышают вероятность спасти пострадавшего живым. Так, можно организовать тщательный поиск, который дает почти полную гарантию обнаружения пострадавшего, но это потребует длительного времени

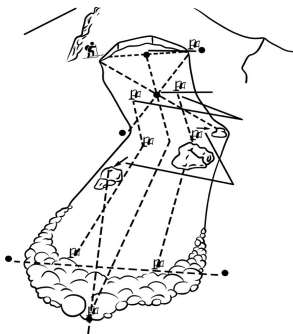


Рисунок 7. Определение наиболее вероятного местоположения пострадавшего

и снижает шансы найти его еще живым. Поэтому обычно рекомендуется сначала производить быстрые поиски.

Первой задачей является установление наиболее вероятного местоположения пострадавшего (рис. 7). По показаниям свидетелей или по приметам устанавливают место, где был пострадавший перед тем, как обрушилась лавина. При возможности устанавливают точку, где пострадавший попал в лавину и где его видели в последний раз. По этим точкам и на основании сведений о лавиносборе определяют вероятную траекторию движения в лавине и участок первоочередного поиска.

Любые выступы на поверхности лавинного пути, где задерживается снег, могут задержать и пострадавшего. Деревья, скалы и другие препятствия на пути движения лавины также могут задержать движение пострадавшего.

После выявления наиболее вероятных мест нахождения пострадавшего производят быстрый осмотр поверхности снежных завалов в этих местах и поиск признаков засыпанного лавиной человека (высунутая из снега рука, снаряжение). При отсутствии внешних следов приступают проверки наличия сигнала лавинного датчика (рис. 8).

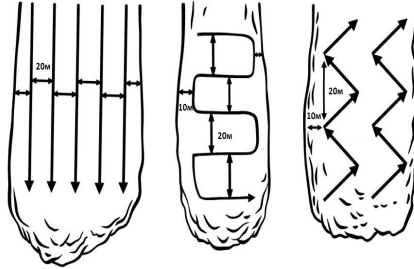


Рисунок 8. Поиск пострадавшего в лавине при помощи лавинного датчика

Когда человек найден, в первую очередь нужно освободить ему голову и быстро очистить от снега его рот, нос. Остальные спасатели осторожно откапывают тело засыпанного (рис. 9).

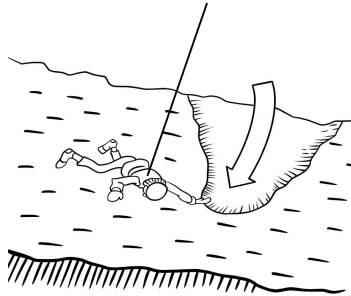


Рисунок 9. Извлечения человека из лавины

Если человек дышит нормально, то следует определить на сколько, он переохладился. Если у него побелели от замерзания части тела (чаще всего пальцы и уши) или наблюдается резкое понижение температуры тела и уменьшение частоты пульса, надо принимать срочные меры для согревания пострадавшего. При телесных повреждениях оказывают соответствующую помощь. Если у извлеченного из лавины человека нарушено или совсем не отмечается дыхание, прежде всего необходимо принять меры для восстановления и поддержания дыхательного процесса, используя приемы искусственного дыхания. Искусственное дыхание проводится до тех пор, пока не удастся восстановить дыхание потерпевшего или пока не будет зафиксирована его смерть. При этом нельзя забывать и о переохлаждения спасаемого. После оказания первой помощи пострадавшего следует по возможности быстрее отправить в больницу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аккуратов В.Н. Генетическая классификация лавин // Тр. Эльбрусской экспедиции. - 1959 - Т. I (4). – С. 206 – 226.
2. Веденин С. Лавинная опасность. Спасательные работы в лавинах. MountSchool.ru, 2016. 108 с.
3. Войтковский К.Ф. Лавиноведение: Учеб. пособие. М.: МГУ, 1989. 105 с.
4. Гляциологический словарь. ред. Котляков В.М.. Гидрометеоиздат. Л.: 1984 г. 564 с.
5. Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности / ред. Л.А.Канаева. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 200 с.
6. Снежные лавины: Справочник по прогнозированию и мерах контроля. пер. англ. М.: Прогресс, 1965. 208с.
7. Тушинский Г.К., Гуськова Е.Ф., Губарева В.Д. Перекристаллизация снега и возникновение лавин. М.: МГУ, 1953. 116 с.





Снег и лавины в горах. Прогноз и безопасность.

Тираж: 50 штук

Дизайн и верстка: Сангулия Е.Б.

Рицинский реликтовый национальный парк
384900, Республика Абхазия, г. Гудаута, ул. Лакрба, 1А

Отдел науки и экологического просвещения

