

Научная статья

DOI: 10.15593/24111678/2023.02.10

УДК 665.761: 543.421/.424

**А.А. Солодянкина, М.О. Карпушко**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

## **К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ЛАВИН ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Рассмотрено понятие лавины как одного из опасных природных явлений, влияющего на возникновение чрезвычайных ситуаций. Приведены основные причины их возникновения. Представлены общие сведения по природным чрезвычайным ситуациям по характеру и виду источников возникновения на территории Российской Федерации и статистика по количеству пострадавших в них людей. Приведены данные по районам и федеральным округам, в которых происходит наибольшее количество происшествий, связанных со сходом лавин. Представлена карта распространения лавин на территории Российской Федерации. Рассмотрены и проанализированы различные классификаций лавин, в том числе генетическая, а также типология лавин согласно своду правил. Выделены основные отечественные направления по изучению лавин. Схематично показано влияние различных факторов и процессов в вопросах классификации лавин. Приведен обзор, посвященный изучению лавин за рубежом, с подробным анализом международной классификации. Исследованы цель и важность создания классификаций лавин. Отмечено, что классификации не являются окончательными, по мере накопления данных пополняются и расширяются. Приведены данные по мероприятиям, направленным на предотвращение и защиту от их схода. Рассмотрены профилактические, лавинопредотвращающие и лавинозащитные сооружения, их назначение и условия применения. На основе существующих типологий, приведенных в нормативно-справочной литературе и действующей нормативно-правовой базе, разработана классификация лавин для применения в дорожном строительстве. Описано влияние наличия классификации лавин на выбор лавинопредотвращающих, лавинозащитных сооружений и их параметров. Намечены основные направления по изучению лавин для строительства в лавиноопасных районах.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, горная местность, опасное природное явление, лавина, лавинная опасность, классификация лавин, лавинопредотвращающие сооружения, лавинозащитные сооружения.

**A.A. Solodiankina, M.O. Karpushko**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

## **TO THE QUESTION OF THE STUDY OF AVALANCHES FOR ROAD CONSTRUCTION**

The concept of an avalanche is considered as one of the dangerous natural phenomena that affects the occurrence of emergency situations. The main causes of occurrence are given. General information on natural emergencies by the nature and type of sources of occurrence on the territory of the Russian Federation and statistics on the number of people affected by them are presented. Data are given for the districts and federal districts in which the largest number of incidents associated with avalanches occurs. A map of the distribution of avalanches on the territory of the Russian Federation is presented. Various classifications of avalanches, including genetic, as well as the typology of avalanches according to the set of rules, are considered and analyzed. The main domestic directions for the study of avalanches are identified. Schematically shows the influence of various factors and processes in the classification of avalanches. A review is given on the study of avalanches abroad, with a detailed analysis of the international classification. The purpose and importance of creating avalanche classifications are investigated. It is noted that the classifications are not final, as data are accumulated, they are replenished and expanded. Data on measures aimed at preventing and protecting against their gathering are given. Preventive, avalanche prevention and avalanche protection structures, their purpose and conditions of use are considered. Based on the existing typologies given in the reference literature and the current regulatory framework, a classification of avalanches for use in road construction has been developed. The influence of the availability of avalanche classification on the choice of avalanche prevention, avalanche protection structures and their parameters is described. The main directions for the study of avalanches for construction in avalanche-prone areas are outlined.

**Keywords:** highway, mountainous terrain, dangerous natural phenomenon, avalanche, avalanche danger, classification of avalanches, avalanche-averting structures, avalanche protection structures.

**Основные положения исследования**

Согласно данным о чрезвычайных ситуациях (ЧС) природного и техногенного характера [1], в 2021 г. на территории Российской Федерации произошло 386 ЧС (рис. 1) (49,2 % техногенных, 28,5 % природных, 22,3 % биолого-социальных) с числом погибших 529 человек. Наибольшее количество пострадавших (47 716 человек, или 96 % от общего количества ЧС) в 2021 г. приходится на чрезвычайные ситуации, вызванные природными процессами (рис. 2, табл. 1).

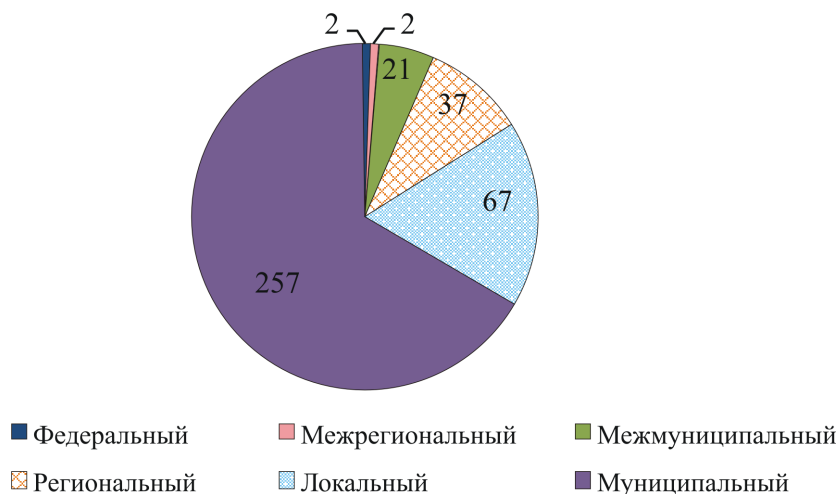


Рис. 1. Данные о характере чрезвычайных ситуаций на территории РФ, 2021 г.

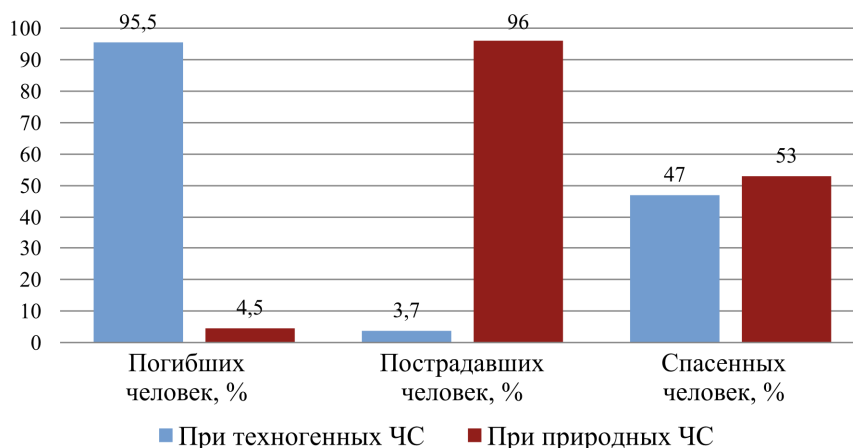


Рис. 2. Число погибших, пострадавших и спасенных людей при чрезвычайных ситуациях на территории РФ, 2021 г.

В соответствии с ГОСТ Р 22.0.03-2020 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения», к природным чрезвычайным ситуациям относят воздействие опасных геологических, гидрологических и метеорологических явлений или процессов, оказавшее негативное влияние на аспекты, которые можно сгруппировать следующим образом:

- причинение вреда здоровью людей или их гибель, нарушение условий их жизнедеятельности;
- экономический ущерб и материальные потери – возникновение транспортных заторов, разрушение автомобильных и железных дорог, зданий и сооружений, различных видов инженерных сетей, скрытие толщами пород населенных пунктов;
- вред для окружающей среды – скрытие толщами пород сельскохозяйственных и лесных угодий, а также перекрытие русел рек, изменение ландшафта.

Таблица 1

## Сведения по природным чрезвычайным ситуациям [1]

Чрезвычайные ситуации по характеру и виду источников возникновения	2017	2018	2019	2020	2021									
					Классификация ЧС							Количество человек, абс.		
					Всего	локальные	муниципальные	межмуниципальные	региональные	межрегиональные	федеральные	погибло	пострадало	спасено
Землетрясения, извержения вулканов	–	–	–	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Опасные геологические явления (оползни, сели, обвалы, осыпи)	2	–	2	1	2	0	2	0	0	0	0	0	223	0
Бури, ураганы, смерчи, шквалы	3	1	2	20	27	0	22	3	2	0	0	6	6	0
Сильный дождь, сильный снегопад, крупный град	14	11	9	6	10	0	8	0	2	0	0	3	3	0
Снежные лавины	1	–	1	–	3	0	3	0	0	0	0	4	6	1
Заморозки, засуха	4	14	12	13	14	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Морские опасные гидрологические явления (сильное волнение, напор льдов, обледенение судов)	–	–	–	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Отрыв прибрежных льдов	–	1	–	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	14
Опасные гидрологические явления	13	12	17	29	28	0	18	2	6	0	2	10	47 477	211
Крупные природные пожары	5	5	6	25	24	0	19	0	3	2	0	1	1	779
Итого:	42	44	49	104	110	0	74	5	27	2	2	24	47 716	1005

Сравнение показателей с данными 2020 г., приведенными в табл. 2, показало прирост на 100 % количества природных чрезвычайных ситуаций, связанных с отрывом прибрежных льдов и сходом снежных лавин. Так, в 2020 г. ЧС, вызванных сходом снежных лавин, зафиксировано не было, отмечалась средняя лавинная опасность [2], а в 2021 г. фактическое значение лавин, как одного из основных источников природных ЧС составило 3 ед. (рис. 3).

Согласно ГОСТ 22.0.03-97 «Межгосударственный стандарт. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации» лавиной называется быстрое, внезапно возникающее движение снега и (или) льда вниз по крутым склонам гор. Потенциальная угроза схода лавин существует на лавиноопасной территории, располагаемой, как правило, в горной местности.

На территории РФ лавиноопасные районы занимают площадь 3077,8 тыс. км (18 %), при этом 4,8 % территории представляет собой потенциально опасные зоны, где рельеф благоприятствует лавинообразованию, и в случае уничтожения растительности – естественной защиты от лавин – или же при возрастании количества твердых осадков будет возможно обрушение снежных масс со склонов (рис. 4) [4].

Снежные лавины наносят серьезный материальный и социальный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения, а также являются причиной гибели людей. По данным [5], ежегодно в мире из-за схода лавин погибает около 350 человек, из них в России –

20 человек. В 17 % несчастных случаев из-за схода лавин страдают туристы и альпинисты на неорганизованных спортивных маршрутах, неравномерно распределенных по географическим районам страны [6].

Таблица 2

Сравнительные характеристики чрезвычайных ситуаций, произошедших в 2020 и 2021 гг.

Чрезвычайные ситуации по характеру и виду источников возникновения	Количество ЧС, ед.		Погибло человек, абс.		Пострадало человек, абс.		Спасено человек, абс.		Сравнительная характеристика, %
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	
Землетрясения, извержения вулканов	2	0	0	0	0	0	0	0	100↓
Опасные геологические явления	1	2	1	0	2	223	0	0	396,66↑
Бури, ураганы, смерчи, шквалы	20	27	0	6	1416	6	0	0	35,12↑
Сильный дождь, сильный снегопад, крупный град	6	10	0	3	50	3	0	0	76,25↓
Снежные лавины	0	3	0	4	0	6	0	1	100↑
Заморозки, засуха	13	14	0	0	0	0	0	0	498,21↑
Морские опасные гидрологические явления	7	0	3	0	5	0	0	0	100↓
Отрыв прибрежных льдов	1	2	0	0	0	0	250	14	100↑
Опасные гидрологические явления	29	28	0	10	2877	47 477	1507	211	81,70↓
Крупные природные пожары	25	24	0	1	16	1	11	779	1045,57↑
Итого:	104	110	4	24	4366	47 716	1768	1005	259,91↑

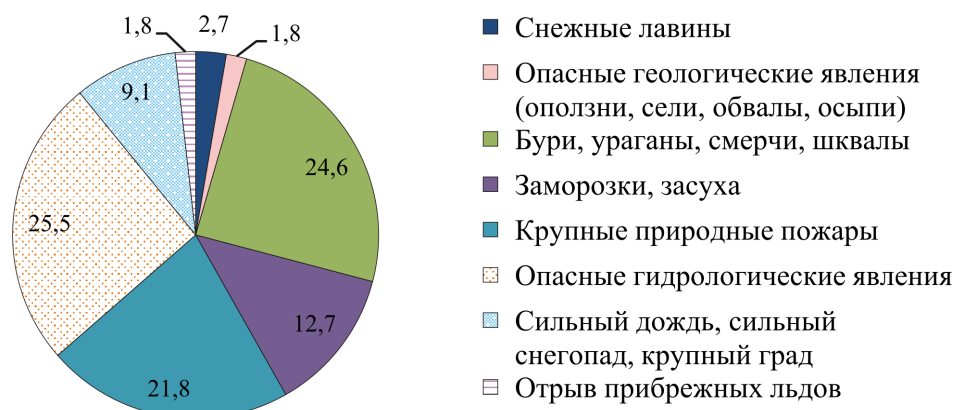


Рис. 3. Структура природных чрезвычайных ситуаций по характеру и виду источников возникновения в 2021 г. (в процентах к итогу) [3]

Больше всего чрезвычайных ситуаций, связанных со сходом лавин, происходит на Северном Кавказе, Алтае, Сахалине и в Забайкалье, где максимальный объем снежных масс может достигать нескольких миллионов кубических метров. В районах Саян, Сахалина, Хибин, Северного Урала, Сихотэ-Алинь, Камчатки, Корякского нагорья, характеризующихся высокой снежностью, за зимний период возможен сход нескольких лавин из одного лавиносбора. Наибольшую опасность во всех горных районах представляют случаи «лавиновых бедствий», или массового схода лавин со средней периодичностью один раз в 7–10 лет [7].



Рис. 4. Карта распространения лавин на территории Российской Федерации согласно СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий»

Количественное распределение лавин по федеральным округам РФ приведено в табл. 3, составленной на основе данных федеральной службы государственной статистики (Росстат) и федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [3; 8]. По данным МЧС России [9], угрозы возникновения лавин присутствуют в Дальневосточном (ДФО), Северо-Западном (СЗФО), Приволжском (ПФО), Уральском (УФО) федеральных округах. Наибольшее число лавин зафиксировано в Северо-Кавказском (СКФО) и Южном федеральных округах (ЮФО) (рис. 5).

Таблица 3

Распределение опасных явлений по видам и федеральным округам за 2019 г.

Федеральный округ	Очень сильный и ураганный ветер, шквал, сильные метели	Сильный мороз или сильная жара	Засуха и суховеи	Опасно высокие и низкие уровни воды на реках	Чрезвычайная пожарная опасность	Лавины	Сели	Агрометеорологические опасные явления в зимний и летний периоды	Сильное сложное отложение	Сильные осадки	Град	Дождевой паводок	Половодье	Загор	Переувлажнение почвы	Низкая мезень	Туман сильный	Итого
ЦФО	1	0	9	0	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	17
ЮФО	18	0	3	0	7	3	2	6	2	14	2	2	0	0	0	0	0	62
СКФО	9	0	1	0	0	10	0	2	0	4	7	1	0	0	0	0	0	34
СЗФО	6	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	4	0	1	1	0	0	17
ПФО	17	0	4	0	3	0	0	8	1	4	1	0	0	1	4	0	0	43
УФО	6	1	0	0	4	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	16
СФО	29	3	8	0	4	0	0	10	1	10	0	6	5	2	4	2	2	86
ДФО	20	1	1	0	7	1	0	3	1	19	0	18	0	0	0	0	0	71
2019 г.	106	5	26	0	27	14	2	32	7	58	14	31	5	4	11	2	2	346
Среднее за 5 лет	116	8	29	0	20	6	4	31	8	79	19	24	23	5	14	10	0	396

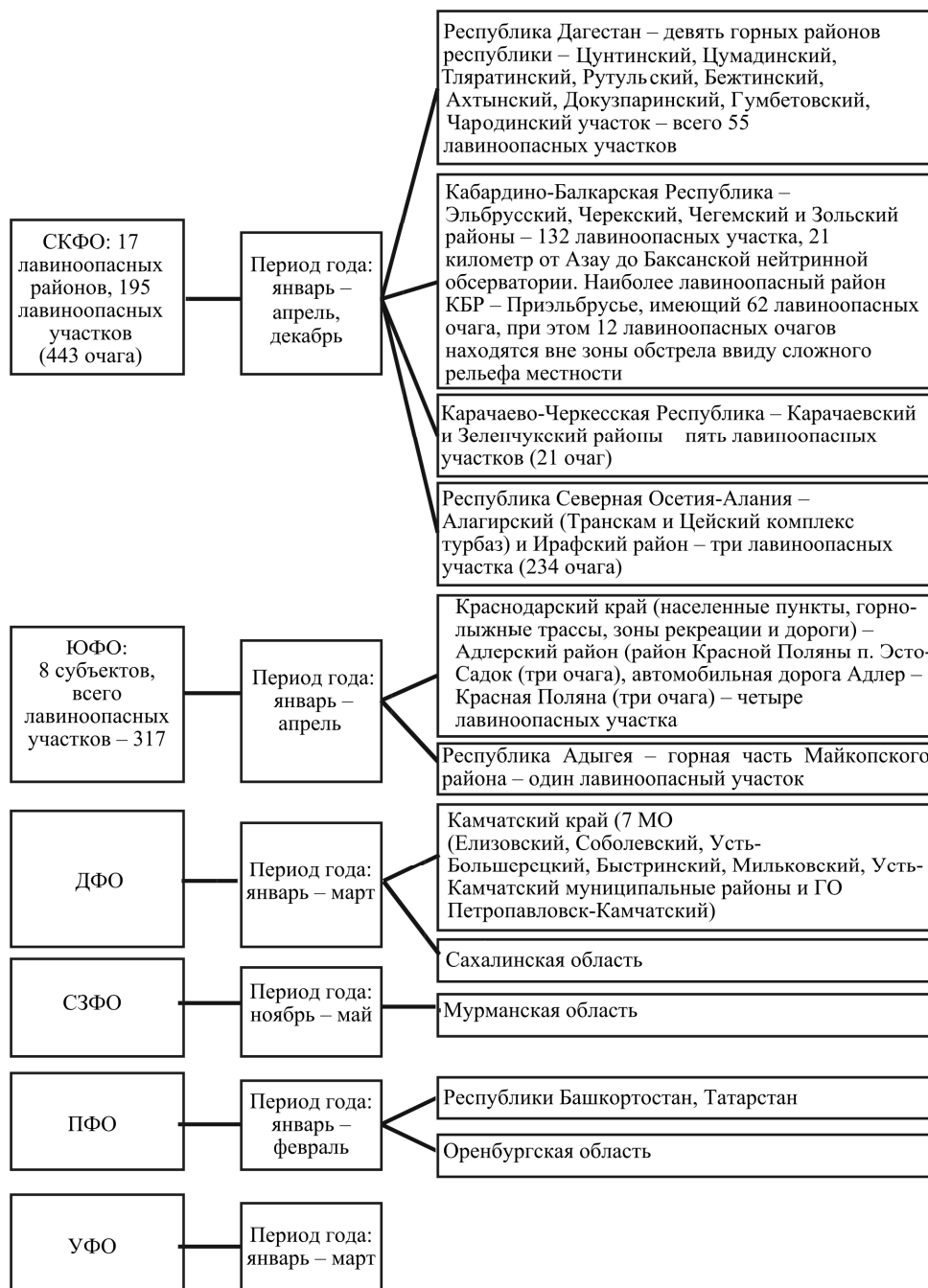


Рис. 5. Лавиноопасные районы на территории федеральных округов РФ

Широкие исследования лавин в горных районах СССР были начаты в 1930-х гг. в связи с освоением таких горных районов, как Хибины и Кавказ [10]. Наблюдения за лавинами в Хибинских горах проводились специально организованной снежно-метеорологической службой. На Кавказе исследования начал выполнять Г.К. Тушинский, который установил важную роль в возникновении лавин процессов, происходящих в снежном покрове; дал новое объяснение механизму образования воздушной волны, возникающей при обвалах снега; описал ряд геоморфологических и геоботанических признаков лавинной опасности; разработал некоторые методы прогноза лавин, создал классификацию лавин, а также составил первую карту распространения лавин на территории СССР [11].

Лавины, являясь часто повторяющимся явлением (от одной лавины за несколько лет до нескольких лавин по одному руслу за год), характерны не только для высокогорных районов с сильно расчлененным рельефом, но и встречаются в среднегорных и низкогорных районах со

сравнительно слабым расчленением, а также почти в безлесных горных областях или областях с хорошо развитой лесной растительностью. При этом они отличаются в зависимости от причин схода, преимущественной формы отрыва, стратиграфии снега выше поверхности срыва, расположения поверхности скольжения в месте обрыва, от типа снега (сухой, мерзлый или влажный), скорости схода, объема снега и некоторых других показателей.

В соответствии с СП 428.1325800.2018 «Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах. Общие требования» в состав работ по оценке возможности осуществления градостроительной деятельности и ее реализации в лавиноопасных районах дополнительно предусматриваются снеголавинные исследования, включающие изучение: гидрометеорологических материалов; территории, в том числе полевые обследования в летний и зимний периоды; космических и аэрофотоснимков; метеорологических характеристик зимнего периода; материалов по определению расчетных снеголавинных характеристик.

В ходе исследований выполняются сбор и анализ не только результатов инженерно-геологических, гидрометеорологических и экологических изысканий (в том числе прошлых лет), данных локального мониторинга (стационарных наблюдений), в том числе наблюдений гидрометеорологических и снеголавинных станций, карт лавинной опасности и активности, но и научные публикации, посвященные изучению снежного покрова, снежных лавин и оценке лавинной опасности в районе исследования.

Значительное число публикаций посвящено вопросам классификаций лавин. Для каждого типа приводятся краткие описания причин их возникновения, рассматривается характер движения, структура снега, вид лавинных отложений и др. Создание классификаций необходимо для формирования общеустановленных терминов для удобства обмена информацией об опасном природном явлении, мерах безопасности, контроля; для статистического анализа; более специализированного, а значит, и эффективного проектирования противолавинных мероприятий и сооружений.

#### **Анализ существующих классификаций лавин**

Наряду с Г.К. Тушинским [11] в СССР классификации лавин были разработаны В.Н. Аккуратовым [12], В.В. Дзюбой [13], К.С. Лосевым [10] и др. [14]. Различные причины нарушения устойчивости снежного покрова на склоне обобщались в форме генетических классификаций лавин (таксономические единицы, характеризующиеся сходством причин их возникновения). Первая такая работа предлагала выделить два основных класса лавин: сухие и мокрые (рис. 6). Классификации не являются окончательными, по мере накопления данных пополняются и расширяются.

#### **Анализ международных классификаций лавин**

Изучение лавин за рубежом было начато в Альпах как одном из самых лавиноопасных горных районов Европы. В связи с развитием лыжного спорта появился ряд работ, предназначенных для лыжников и альпинистов, однако они вышли за рамки специализированных пособий, так как в них были рассмотрены вопросы изменения структуры снега, причины возникновения лавин и сделаны попытки их классификации.

Монтгомери Отуотер в своей книге «Охотники за лавинами» [15] выделил ряд факторов, способствующих лавинообразованию: характер подстилающего слоя – глубина залегания, устойчивость, характер поверхности; снегопад – количество, тип, плотность, интенсивность; скорость и направление ветра; температура; оседание снега, и разделил их на два типа:

- лавины кратковременного действия, причиной возникновения которых по большей части являются внешние, природные факторы;
- лавины замедленного действия, которые происходят из-за длительных внутренних изменений в самом снежном покрове.

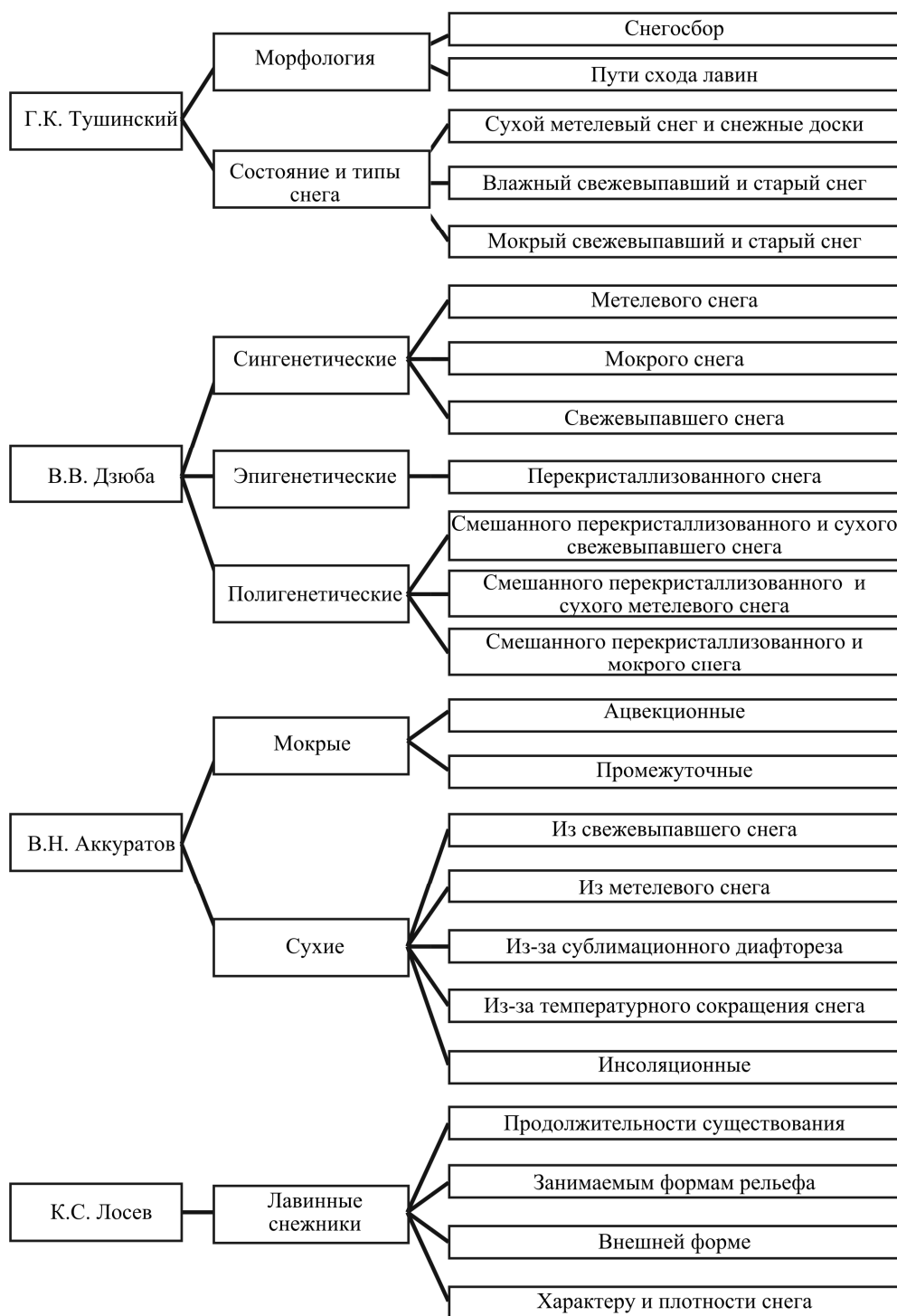


Рис. 6. Классификации лавин

В 1931 г. была создана Национальная комиссия по координации работ в области изучения снега и лавин, впоследствии ставшая Швейцарским институтом исследований снега и лавин, включавшая научно-исследовательские лавинные станции. В последующие годы сотрудниками института были предложены расчетные формулы для определения скорости движения, дальности выброса и силы удара лавины. Для моделирования движения был создан специальный металлический лоток.

В Австрии работы по изучению лавин начали проводить с 1948 г. Австрийской лавинной службой на созданной исследовательской станции на высоте 2000 м. В Германии была органи-



зована служба дозора и предупреждения для защиты от лавин путей сообщения и спортивных сооружений в горах.

Научно-исследовательские станции также появились в США (станция Альта, штат Юта; перевал Берхауд, штат Колорадо; перевал Стевенс в массиве Бейкер, штат Вашингтон), в Канаде (перевал Роджер, провинция Британская Колумбия). Основной упор исследований был сделан на метеорологические факторы, обуславливающие возникновение лавин.

В Японии на острове Хоккайдо проводились работы по изучению снега и лавин, в том числе эксперименты на искусственных лавинах для получения эмпирической формулы для определения силы удара лавины. Попытки прогнозирования периода наступления лавинной опасности на основе учета метеорологических факторов и предшествующей синоптической ситуации помимо Японии были сделаны во Франции.

Широкое картографирование лавиноопасных участков с приложением подробного описания режима лавин и возможных средств защиты от них проводилось в Норвегии, Болгарии, а также Швейцарии, где в начале 1970-х гг. была разработана международная морфологическая классификация лавин (табл. 4).

Главные преимущества созданной типологии заключаются в обширности объединенных знаний об опасном природном явлении и возможности перевода характеристики заданной лавины в систему кодировки, что увеличивает скорости получения, обработки и передачи информации. Такой код является коротким и ёмким сообщением о том, как зародилась лавина, какой форме пути и типу движения она следовала, в какие отложения она преобразовалась. Использование такой типологии дает исчерпывающую информацию для оповещения систем реагирования и людей, находящихся на территории, подверженной лавинной опасности.

Работы по исследованию снега и лавин в мире не прекращаются [16–19].

Таблица 4

Международная морфологическая классификация лавин

Зона	Критерий	Альтернативная характеристика, название лавины и код
Зарождения	А. Тип начала движения В. Положение поверхности скольжения С. Жидкая вода в снеге	A1. Двинулась из точки (лавина из рыхлого снега) A2. Двинулась с линии (лавина из снежной плиты) A3. Мягкая плита A4. Твердая плита 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) С1. Отсутствует (сухая лавина) С2. Имеется (мокрая лавина)
Транзита	Д. Форма пути Е. Тип движения	D1. Движение на ровном склоне (не канализованная лавина) D2. Движение в лотке (лотковая лавина) Е1. Облако снежной пыли (пылевая лавина) Е2. Течение вдоль поверхности грунта (текучая лавина)
Отложения	Ф. Поверхностная шероховатость отложений Г. Жидкая вода в свежих отложениях Н. Загрязнение отложений	F1. Крупнокомковатые отложения F2. Угловатые блоки F3. Окатанные комья F4. Мелкокомковатые отложения G1. Отсутствует (сухие лавинные отложения) G2. Имеется (мокрые лавинные отложения) Н1. Нет явного загрязнения (чистая лавина) Н2. Имеется загрязнение (загрязненная лавина) Н3. Скальные обломки, остатки почвы Н4. Ветки, деревья Н5. Обломки сооружений

### Защита автомобильных дорог от лавин

Для практического применения в дорожном строительстве необходима классификация, главным критерием которой должна стать взаимосвязь типа лавины (табл. 5) с мероприятиями и сооружениями для защиты от них (табл. 6, 7) в зависимости от каждого вида.

Исходя из информации, представленной в табл. 6 и 7, можно сделать вывод, что при выборе сооружений и мероприятий для защиты автомобильных дорог от лавин не учитываются:

- тип начала движения лавины,
- положение поверхности скольжения,
- форма пути,
- причины схода,
- преимущественная форма отрыва,
- стратиграфии снега выше поверхности срыва,
- объем снега и ряд других, не менее важных показателей.

Главными факторами должны быть:

- условия местности (крутизна склона),
- скорость схода лавины,
- назначение (пропуск лавины под линейными объектами или над ними).

Таблица 5

Соответствие типов лавин изображению поверхности снежников на снимках (СП 428.1325800.2018 «Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах. Общие требования»)

Тип лавины	Изображение поверхности снежника на снимках
Лавины из сухого рыхлого снега	Бесструктурное, аморфное, иногда с едва заметными полосами движения, имеющее мелкозернистый рисунок
Лавины из мягкой доски	Напоминает взбитую пену
Лавины из рыхлого влажного снега	Имеет зернистый рисунок с различными размерами зерен
Лавины из плотного мокрого снега	Имеет параллельно-струйчатый по пути лавины рисунок со снежными валунами на конусе выноса
Лавины из плотного сухого снега (из твердой доски)	Имеет разноразмерное изображение отдельных угловатых обломков снежной доски и карнизов

Таблица 6

Виды сооружений и мероприятий для защиты инженерных сооружений от лавин (СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов»)

Вид	Назначение и условия применения
<b>I Профилактические</b>	
1.1. Организация службы наблюдения, прогноза и оповещения.	Прогноз схода лавин. Прекращение работ и доступа людей на время схода лавин, эвакуация.
1.2. Искусственно регулируемый сброс лавин.	Регулируемый спуск, разгрузка от неустойчивых масс снега путем обстрелов, взрывов и др. на основе прогноза устойчивости
<b>II Лавинопредотвращающие</b>	
2.1. Системы снегоудерживающих сооружений (заборы, стены, щиты, решетки, мосты), террасирование склонов, агролесомелиорация.	Обеспечение устойчивости снежного покрова в зонах зарождения (в сочетании с террасированием, агролесомелиорацией), регулирование снегонакопления.
2.2. Системы снегозадерживающих заборов и щитов.	Предотвращение накопления снега в зонах возникновения путем снегозадержания.
2.3. Снеговыводящие панели (дюзы), кольк-тафели.	Регулирование, перераспределение и закрепление снега в зоне зарождения лавин
<b>III Лавинозащитные</b>	
3.1. Направляющие сооружения: стенки, искусственные русла, лавинорезы, клинья.	Изменение направления движения лавины. Обтекание лавиной объекта.
3.2. Тормозящие и останавливающие сооружения: надолбы, холмы, траншеи, дамбы, пазухи.	Торможение или остановка лавины.
3.3. Пропускающие сооружения: галереи, навесы, эстакады.	Пропуск лавин над объектом или под ними

Таблица 7

Рекомендуемые сооружения и мероприятия для защиты инженерных сооружений от лавин (СП 342.1325800.2017 «Защита железнодорожного пути и сооружений от неблагоприятных природных явлений. Правила проектирования и строительства»)

Условия местности	Рекомендация
На конусах выноса в зоне отложения лавин (крутизна склона менее 23°)	Строительство лавинотормозящих сооружений, высотой не менее суммы высот снегового покрова в месте расположения и фронта лавины. Назначение: уменьшение / полное гашение скорости
На участках зоны отложения (крутизна склона менее 23°)	Возведение направляющих дамб и стен, лавинорезов
На участках отложения лавин (крутизна склона менее 23°) и при скоростях лавин в месте установки сооружения менее 25 м/с	Лавиноостанавливающие сооружения: дамбы и стенки (следует сочетать с лавинотормозящими). На подходе к сооружению с нагорной стороны следует устраивать пазухи (выемки) для аккумуляции лавинных отложений, объем которых должен быть не менее расчетного объема лавин
В зонах транзита лавин	Строительство противолавинных галерей для пропуска лавин над автомобильными и железными дорогами
В местах локализации лавин рельефом	Возведение виадуков и мостов для пропуска под дорогами. Размеры пропускных отверстий должны обеспечивать беспрепятственный пропуск лавин, элементы конструкции выдерживать давление снеговоздушного потока

В свою очередь, эффективность лавинозащитных мероприятий в большей степени определяется выбором противолавинных сооружений и мероприятий или их комплекса, их местоположения, высоты конструкции и качества материалов с учетом режима и характеристик лавин и снегового покрова в зоне зарождения, морфологии лавиносбора, степени ответственности защищаемых сооружений, их конструктивных и эксплуатационных особенностей [20].

Учитывая вышеперечисленные условия, а также такие факторы, как площадь зоны зарождения, вид лавин (сухие или мокрые), высота снежного покрова, водозапас в зоне зарождения (в мм), скорость, объем и плотность лавин, применяемые в снеголавинных расчетах согласно приложению Б СП 428.1325800.2018 «Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах», предлагается к дальнейшему применению классификация, представленная на рис. 7.

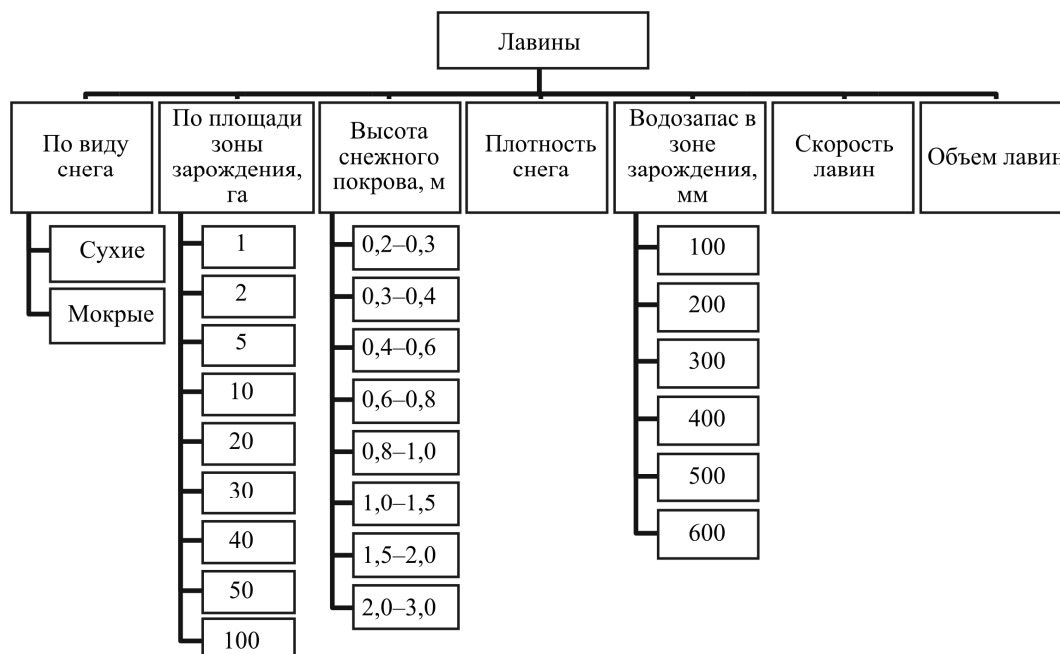


Рис. 7. Классификация лавин относительно строительства сооружений и проведения мероприятий для защиты инженерных сооружений от лавин

### Заключение

При проектировании автомобильных дорог особое внимание следует уделять вопросам защиты от лавин, так как особенно в горных районах эти явления являются одними из наиболее опасных природных процессов, оказывающих негативные или разрушительные воздействия на сооружения, а также способны вызвать гибель людей.

Наличие разнообразных классификаций лавин благотворно сказывается на скорости обмена информацией об опасном природном явлении, развитии науки гляциологии, точности прогнозов, оперативности системы предупреждения, а также эффективности мер борьбы с чрезвычайными происшествиями, связанными со сходом снега.

Проблема лавинозащиты остается открытой и требует большего внимания и новых, своевременных и современных защитных сооружений или их комплексов для проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог и искусственных сооружений в лавиноопасных районах.

### Список литературы

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году: Государственный доклад. – М.: МЧС России. ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», 2022. – 250 с.

2. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году: Государственный доклад. – М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. – 264 с.

3. Охрана окружающей среды в России. 2022: стат. сб. / Росстат. М., 2022. – 115 с.

4. Формирование статистической базы по опасным природным явлениям территорий Краснодарского, Ставропольского краев и Кабардино-Балкарской Республики / В.А. Акимов, Г.М. Нигметов, А.С. Маклаков, А.А. Егорова, А.Х. Авгуцевич // Технологии гражданской безопасности. – 2020. – № 1 (63).

5. Воробьев А.Е., Метакса Г.П., Воробьев К.А. Исторические сведения о снежных лавинах // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции. – Владикавказ, 2021. – С. 53–56.

6. Опасности в горах / ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). – М., 2013.

7. Опасные природные процессы: учебник / М.В. Бедило, А.Г. Заворотный, А.Н. Неровных [и др.]. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – 308 с.

8. Бирман Б.А., Бережная Т.В., Голубев А.Д. Аналитический обзор. Основные погодноклиматические особенности Северного полушария Земли. 2019 год. Экспресс-Анализ. – М., 2019.

9. Обнародован список лавиноопасных районов на территориях Северного Кавказа и Юга России [Электронный ресурс] // Главное управление МЧС России по Республике Северная Осетия-Алания. – URL: <https://15.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/1800138> (дата обращения: 13.04.2023).

10. Лосев К.С. Лавины СССР: (Распространение, районирование, возможности прогноза) / под ред. проф. д-ра геогр. наук В.Л. Шульца и Н.Ф. Дроздовской; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Среднеаз. науч.-исслед. гидрометеорол. ин-т. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 131 с.: ил., карт.; 21 см.

11. Тушинский Г.К. Лавины [Текст]: Возникновение и защита от них / под ред. д-ра геогр. наук проф. К.К. Маркова; Моск. ордена Ленина гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Науч.-исслед. ин-т географии. – М.: Гос. изд-во геогр. лит., 1949 (16-я тип. Главполиграфиздата). – 215 с.

12. Аккуратов В.Н. Генетическая классификация лавин // Труды Эльбрусской высокогорной комплексной экспедиции. – 1959. – Т. 1. – С. 206–226.

13. Дзюба В.В. Географические принципы разработки методик прогноза лавиноопасных периодов для малоисследованных районов: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 23 с.
14. Файн Я.С. Проектирование и расчет противолавинных галерей на автомобильных дорогах: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Рост, инж.-строит, ин-т, 1979. – 114 с.
15. Atwater, Montgomery M. *The Avalanche Hunters*. – Macrae Smith Company, 1968.
16. Identifying and interpreting regional signals in tree-ring based reconstructions of snow avalanche activity in the Goms valley (Swiss Alps) / A. Favillier, S. Guillet, J. Lopez-Saez, F. Giacona, N. Eckert, G. Zenhäusern, J.L. Peiry, M. Stoffel, C. Corona // *Quaternary Science Reviews*. – 2023. – Vol. 307. DOI: 10.1016/j.quascirev.2023.108063.
17. Albert Lunde, Ove Njå. Rescue performance in Norwegian road related avalanche incidents. *Cold Regions Science and Technology*. – 2019. – Vol. 165. DOI: 10.1016/j.coldregions.2019.04.011.
18. Data-driven automated predictions of the avalanche danger level for dry-snow conditions in Switzerland / C. Perez-Guillén, F. Techel, M. Hendrick, M. Volpi, A. Herwijnen, T. Olevski, G. Obozinski, F. Pérez-Cruz, J. Schweizer // *Natural Hazards and Earth System Sciences*. – 2022. – Vol. 22 (6). DOI: 10.5194/nhess-2021-341.
19. Implementation of an early warning for snowfall-triggered avalanche to road safety in the Tianshan Mountains / J. Hao, R. Mind'je, X. Zhang, Y. Wang, H. Zhou, L. Li // *Cold Regions Science and Technology*. – 2022. – Vol. 204. DOI: 10.1016/j.coldregions.2022.103675.
20. Коровина Д.И., Турчанинова А.С., Сократов С.А. Оценка эффективности противолавинных мероприятий на горнолыжном курорте «Красная Поляна» // *Лёд и Снег*. – 2021. – Т. 61 (3). – С. 359–376.

#### References

1. Gosudarstvennyi doklad «O sostoianii zashchity naseleniia i territorii Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogenogo kharaktera v 2021 godu» [State report «On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from emergency situations of a natural and technogenic nature in 2021»]. Moscow, 2022, 250 p.
2. Gosudarstvennyi doklad «O sostoianii zashchity naseleniia i territorii Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogenogo kharaktera v 2020 godu» [State report «On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from emergency situations of a natural and technogenic nature in 2020»]. Moscow, 2021, 264 p.
3. Okhrana okruzhaiushchei sredy v Rossii. 2022 [Environmental protection in Russia. 2022]. Moscow, 2022, 115 p.
4. Akimov V.A., Nigmatov G.M., Maklakov A.S., Egorova A.A., Avgucevichs A.H. Formirovanie statisticheskoy bazy po opasnym prirodnyim javlenijam territorij Krasnodarskogo, Stavropol'skogo kraev i Kabardino-Balkarskoj respubliki [The formation of a statistical base on the dangerous natural phenomena of the territories of the Krasnodar, Stavropol region and the Kabardino-Balkarian Republic]. *Tehnologii grazhdanskoy bezopasnosti*, 2020, no. 1, pp. 63.
5. Vorob'ev A.E., Metaksa G.P., Vorob'ev K.A. Istoricheskie svedeniya o snezhnyh lavinah [Historical information about snow avalanches]. *Sbornik Sovremennye nauchno-tehnicheskie i social'no-gumanitarnye issledovanija: aktual'nye voprosy, dostizhenija i innovacii. Sbornik dokladov II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Vladikavkaz*, 2021, pp. 53-56.
6. *Opasnosti v gorakh* [Dangers in the mountains]. Moscow, 2013.
7. Bedilo M.V., Zavorotnyj A.G., Nerovnyh A.N. *Opasnye prirodnye processy* [Dangerous natural processes], Moscow, 2020, 308 p.
8. Birman B.A., Berezhnaia T.V., Golubev A.D. *Analiticheskii obzor. Osnovnye pogodno-klimaticheskie osobennosti Severnogo polushariia Zemli. 2019 god* [Analytical review. The main weather and climatic features of the Northern Hemisphere of the Earth. 2019 year.]. Moscow, 2019.
9. Obnarodovan spisok lavinoopasnykh raionov na territoriiakh Severnogo Kavkaza i Iuga Rossii [A list of avalanche-prone areas in the territories of the North Caucasus and the South of Russia has been published]. Available at: <https://15.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/1800138> (accessed 17 April 2023).
10. Losev K.S. *Laviny SSSR: (Rasprostranenie, rajonirovanie, vozmozhnosti prognoza)* [Avalanches of the USSR [Text]: (Distribution, zoning, forecasting possibilities)]. Leningrad, 1966, 131 p.
11. Tushinskii G.K. *Laviny: Vozniknovenie i zashchita ot nikh* [Avalanches: Occurrence and protection against them]. Moscow, 215 p.
12. Akkuratov V.N. *Geneticheskaja klassifikacija lavin* [Genetic classification of avalanches]. *Trudy Jel'brusskoj vysokogornoj kompleksnoj jekspedicii*, 1959, no. 1, pp. 206–226.

13. Dzijuba V.V. Geograficheskie principy razrabotki metodik prognoza lavinoопасnyh periodov dlja maloissledovannyh rajonov [Geographical principles for the development of avoidance of avalanche hazardous periods for poorly exposed areas]. Abstract of Ph. D. thesis. Moscow, 1983, 23 p.

14. Fajn Ja.S. Proektirovanie i raschet protivolavinnih galerej na avtomobil'nyh dorogah [Design and calculation of anti avalanche galleries on roads]. Rostov-na-Donu., 1979, 114 p.

15. Atwater, Montgomery M. (1968). *The Avalanche Hunters*. Macrae Smith Company. ISBN 0-8255-1345-6.

16. Favillier A., Guillet S., Lopez-Saez J., Giacona F., Eckert N., Zenhäusern G., Peiry J.L., Stoffel M., Corona C. Identifying and interpreting regional signals in tree-ring based reconstructions of snow avalanche activity in the Goms valley (Swiss Alps). *Quaternary Science Reviews*, Volume 307, 2023, doi.org/10.1016/j.quascirev.2023.108063.

17. Albert Lunde, Ove Njå. Rescue performance in Norwegian road related avalanche incidents. *Cold Regions Science and Technology*, Volume 165, 2019, doi.org/10.1016/j.coldregions.2019.04.011.

18. Perez-Guillén C., Techel F., Hendrick M., Volpi M., Herwijnen A., Olevski T., Obozinski G., Pérez-Cruz F., Schweizer J. Data-driven automated predictions of the avalanche danger level for dry-snow conditions in Switzerland. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Volume 22 (6), 2022, doi.org/10.5194/nhess-2021-341.

19. Hao J., R. Mind'je, X. Zhang, Y. Wang, H. Zhou, L. Li. Implementation of an early warning for snowfall-triggered avalanche to road safety in the Tianshan Mountains. *Cold Regions Science and Technology*, Volume 204, 2022, doi.org/10.1016/j.coldregions.2022.103675.

20. Korovina D.I., Turchaninova A.S., Sokratov S.A. Otsenka effektivnosti protivolavinnikh meropriyatii na gornolyznom kurorte «Krasnaia Poliana» [Assessment of the effectiveness of anti -vine measures at the Krasnaya Polyana ski resort]. *Ljud i Sneg*, 2021, no. 61 (3), pp. 359-376.

#### Об авторах

**Солодянкина Алена Андреевна** (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: aasolodyankina@yandex.ru)

**Карпушко Марина Олеговна** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: mkarpushko@gmail.com)

#### About the authors

**Alena A. Solodianskina** (Perm, Russian Federation) – Master Student, Department of Roads and Bridges Subfaculty, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky ave., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: aasolodyankina@yandex.ru).

**Marina O. Karpushko** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Roads and Bridges Sub-faculty, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky ave., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: mkarpushko@gmail.com).

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов.** Вклад авторов равноценен.

Поступила: 16.04.2023

Одобрена: 18.04.2023

Принята к публикации: 20.04.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Солодянкина, А.А. К вопросу об исследовании лавин для дорожного строительства / А.А. Солодянкина, М.О. Карпушко // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – № 2. – С. 98–111. DOI: 10.15593/24111678/2023.02.10

Please cite this article in English as: Solodianskina A.A., Karpushko M.O. To the question of the study of avalanches for road construction. *Transport. Transport facilities. Ecology*, 2023, no. 2, pp. 98-111. DOI: 10.15593/24111678/2023.02.10