



ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
– филиал Владикавказского научного центра
Российской академии наук

**ОПАСНЫЕ
ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ
В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ:
модели, системы, технологии**

Коллективная монография

Научный редактор
д.ф.-м.н., профессор Заалишвили В. Б.

Владикавказ 2022

УДК 551.2:551.3+552.3+550.34:551.21+551.324+001.891.57+504+ 55(470.6)
ББК 26.3 (235.7) +26.2 (235.7) +20.1 (235.7)
DOI: 10.33580/9785904868277

Ответственный редактор:
д.ф.-м.н., проф. В.Б. Заалишвили

Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии / под ред. Заалишвили В.Б. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2022. – 477 с.

ISBN 978-5-904868-27-7

Авторский коллектив:

Aliyev M.M., Aliyev T.R., Aliyev Y.N., Babayev G.R., Gasimov E.E., Ganapathy P., Muradi I.B., Аббасов Е.Я., Аббасов Э.Я., Абгарян Г.В., Агаева Л.А., Акатова К.Н., Акулова В.В., Акиаев З.Т., Аминзода П., Анаев М.Т., Аптикаев Ф.Ф., Аптикаева О.И., Арамян Ш. А., Аристов К.А., Ахмедов А.С., Багиров Э.М., Бадмажапов Б.Б., Бадоев А.С., Батчаев И.И., Баикова Е.И., Бекчиев М.Ю., Бирюлин С.В., Болотаева А.Г., Бондарь И.В., Габараев А. Ф., Гараева Т.Д., Гасанов А., Б., Геворгян А.Г., Гегиев К.А., Гедуева М.М., Геодакян Э.Г., Гинзбург Н.А., Гогичев Р.Р., Голосов В.Н., Григорян А.Г., Громыко П.В., Гукасян О.Г., Гусейнова А.Р., Данилова Т.И., Дзобелова Л.В., Докукин М.Д., Дробышев В.Н., Дроздов А.Л., Жукова Е.Д., Заалишвили В.Б., Заманова А., Зубков Е.А., Идрисов И.А., Исаков С.И., Исмаилова А.Т., Калов Р.Х., Канониди К.Х., Кануков А.С., Карапетян Дж. К., Карапетян Р.К., Кедич А.И., Керимов А.М., Коваленко Н.В., Ковачев С.А., Козлова И.А., Коменкова Т., Корбесова К.В., Костенков Н.А., Крылов А.А., Кулаков А.П., Курашева О.А., Курбанов М., Кюль Е.В., Лисейкин А.В., Лолаев А.Б., Мерзликін Т. И., Магомедов Р.А., Мазманиян Л.В., Майсурадзев М.В., Макарян А.Г., Макеев В.М., Макиев В.Д., Мамаев С.А., Мамедова Д.Н., Маринин А.В., Медведева Н.С., Мельков Д.А., Миронюк С.Г., Михайлов В.О., Мкртчян М.А., Мкртчян М.Б., Музаев Н.И., Музаев И.Д., Мусаев В.К., Назаретян С.Н., Новрузов З.А., Носов В.В., Овсяченко А.Н., Оганесян А.Х., Оганесян С.М., Оганесян С.Р., Перетокин С.А., Персаева З.В., Петраков Д.А., Петросян К.К., Пономарева Н.Л., Попов М.Г., Рахманова М.С., Ревазов М.О., Ряченко Т.Г., Саакян Б.В., Савернюк Е.А., Садыгова Г., Саргсян Г.В., Свалова В.Б., Селезнев В.С., Сим Л.А., Смольянинова Е.И., Соснин А.В., Стогний В.В., Стогний Г.А., Сулейманов В.К., Татарян В.О., Татоян С.С., Тваури И.В., Тверитинова Т.Ю., Токарев М.Ю., Томаев В.А., Тулышева Е.В., Турчанинова А.С., Тюлькина А.С., Фидарова М.И., Харебов К.С., Харченко С.В., Хацаева Ф.М., Хубулов А.И., Черкашин В.И., Чернов Ю.К., Черноморец С.С., Чигирова Л.Б., Чистяков А.Ю., Шагин С.И., Шепелев В.Д., Шманатов Г.В., Эртелева О.О., Юрков А.К., Юсупов А.Р., Юсупов З.А.

Материалы публикуются в авторской редакции.

В монографии представлены труды VIII Международной конференции «Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии», 3–5 октября 2022 г., г. Владикавказ. Книга представляет интерес для ученых, специалистов, аспирантов и студентов, работающих в области геологии, геофизики, географии, гляциологии, геоэкологии.

Dangerous Natural and Technogenic Processes in Mountain Regions: Models, Systems, Technologies / Ed. by Zaalishvili V. – Vladikavkaz: GPI VSC RAS, 2019. – 477 p.

Monograph contains the Proceedings of the VIII International Conference «Dangerous Natural and Technogenic Processes in Mountain Regions: Models, Systems, Technologies», 3–5 October, 2022, Vladikavkaz. The book is interesting for scientists, experts, post graduate students and students working in the field of geology, geophysics, glaciology, etc.

ISBN 978-5-904868-27-7

© Коллектив авторов, 2022

© ГФИ ВНИЦ РАН, 2022

© Заалишвили В.Б. (ред.), 2022

УДК 551.578.48

DOI: 10.33580/9785904868277_264

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ПЛАНИРОВАНИИ

Жукова Е.Д., Гинзбург Н.А., Турчанинова А.С., Петраков Д.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Введение

За последнее столетие значительное развитие горных районов в России связано с увеличением рекреационной деятельности, транспортной инфраструктуры, строительства горнодобывающих предприятий. Одним из опасных природных явлений, угрожающих жизнедеятельности людей и инфраструктуре, являются снежные лавины. Для выбора оптимальных площадок для строительства и обеспечения мер лавинной безопасности необходима оценка лавинной опасности еще на этапе территориального планирования.

На законодательном уровне схема границ территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, входит в состав генерального плана [11]. Так, возникает необходимость учета лавинной опасности территории, представляющая угрозу хозяйственной, рекреационной, спортивной или иной деятельности людей, а также населенным пунктам, санаторно-курортным, спортивным, промышленным комплексам, коммуникациям и другим объектам, включая природную среду [5]. Таким образом, граница возможного распространения лавин должна учитываться при планировании территории, однако единого подхода к созданию таких схем до сих пор нет.

Карты лавинной опасности в крупном масштабе должны отражать всю необходимую информацию для принятия решения по размещению объектов в лавиноопасных районах, в том числе для проектирования противолавинных мероприятий и сооружений. Зонирование территории по степени лавинной опасности является одним из признанных методов в мировой практике при территориальном планировании для оценки влияния снежных лавин на инфраструктуру. Основными показателями зонирования, принятого в ряде европейских стран, являются повторяемость лавин и величина их давления на сооружение [15]. В России на этапе территориального планирования наносятся ориентировочные границы зоны лавинной опасности и не проводится ее дифференциация по давлению и повторяемости лавин. Отсутствие такой дифференциации зачастую приводит к некорректному выбору мест для сооружений и инфраструктуры или к необоснованному завышению затрат при проектировании и строительстве противолавинных сооружений.

Районы исследования

В работе рассмотрены три горных района. На Западном Кавказе участком исследования является неосвоенный северный склон хребта Аибга; в Хибинах выбран один из районов города Кировск, расположенный в зоне детальных снеголавинных наблюдений; на Камчатке рассмотрен г. Петропавловск-Камчатский.

Район Красной Поляны (Западный Кавказ) характеризуется повышенной снежностью. Средняя продолжительность лавиноопасного периода составляет более 160 дней, а на высо-

те более 2000 м увеличивается до 230. Благоприятные факторы лавинообразования – альпийский и альпийский рельеф, значительная крутизна склонов, большое количество выпадающих осадков, ветровой режим и характер растительности – обеспечивают высокую лавинную активность.

Хибины также относят к районам с высокой лавинной активностью [2]. Хибинские склоны довольно крутые от 20-35° до 50-70°, что соответствует диапазону углов наклона, в котором, как правило, сход лавин наблюдается чаще всего (25-60°) [3]. Основным типом лавиносборов в этом районе являются денудационные воронки, по которым зимой часто сходят снежные лавины [4]. Для Хибинского горного массива В.Н. Аккуратов выделил сухие и мокрые типы лавин. В основном (около 80%) лавин сходит во время метелей и снегопадов, 20% – во время оттепелей и весеннего снеготаяния. Лавины сходят ежегодно, несколько раз за сезон.

Благодаря большой снежности и сильной расчлененности рельефа на полуострове Камчатка наблюдаются благоприятные условия для формирования снежных лавин. Повторяемость лавин в районе Петропавловска-Камчатского, как правило, составляет 1 раз в 1-5 лет (а то и в 10 лет), лишь из некоторых лавиносборов лавины сходят ежегодно. Противолавинной службой на территории городского округа регистрируется от 5 до 15 лавин каждый год. Несмотря на то, что район характеризуется слабой лавинной активностью, каждая лавина в городе может привести к катастрофическим последствиям, что уже неоднократно наблюдалось ранее [12].

Таким образом, рассмотренные участки исследования отличаются условиями лавинообразования и степенью антропогенного освоения. Все рассмотренные в работе районы являются перспективными с точки зрения дальнейшего рекреационного освоения.

Методика исследования

Для оценки лавинной опасности был использован комплекс полевых и камеральных методов, который включал в себя дешифрирование космических снимков, геоинформационное картографирование, математическое моделирование снежных лавин с использованием двумерной модели RAMMS [14].

В ходе камерального этапа для анализа территории использовались космические снимки сверхвысокого пространственного разрешения, доступные через сервисы QGIS, цифровые модели рельефа из открытых источников и мозаика аэрофотоснимков. В результате анализа всех доступных разновременных космических снимков, с учетом результатов детальных наземных обследований ключевых участков, выполнено дешифрирование состава и границ леса и кустарников в районе Красной Поляны, по которым возможно идентифицировать повторяемость схода лавин на основе методики К.В. Акифьевой [1]. Анализ геоботанических признаков позволил выявить границы воздействия лавин на ландшафты и дальность их выброса с разной повторяемостью там, где ландшафты не подвергались антропогенному влиянию.

В результате обработки цифровых моделей рельефа и построения карт углов наклона на исследуемых территориях выделены участки склонов: с углами наклона более 25° и менее 60°, где наиболее вероятно зарождение лавин; с углами наклона 20-25°, на которых вероятность образования лавин очень низка, но может происходить транзит лавин с расположенных выше крутых склонов; а также нелавиноопасные участки с углами наклона менее 20°, где происходит отложение лавин [8]. На основе всех полученных данных в исследуемых

районах впервые выделены или уточнены границы лавинных очагов в соответствии с требованиями СП 428.1325800.2018.

Параметры лавин определялись в результате моделирования в программе RAMMS, ранее апробированной на Красной Поляне, в Хибинах [9] и впервые использованной в Петропавловске-Камчатском. В основе RAMMS [13, 14] лежит двумерная гидравлическая модель, позволяющая рассчитать движение лавинного потока в условиях трехмерного рельефа. При оценке лавинной опасности для решения задач территориального планирования рассмотрены сценарии образования лавин с периодами повторяемости 1 раз в 30 и 300 лет [15]. При моделировании лавин на Красной Поляне учтена лесная растительность, граница которой установлена на основе методики, описанной выше. Моделирование снежных лавин в Хибинах и на Камчатке выполнено без учета лесной растительности, учитывая ее специфику в районах исследования. Растры рассчитанных параметров (скорости и давления) лавин из каждого лавинного очага объединялись в мозаики, при этом выбирались максимальные значения в ячейке в случае выхода туда лавин из разных лавинных очагов).

Результаты

Результаты математического моделирования (с учетом данных, полученных выше в результате дешифрирования) легли в основу составления планов лавиноопасных зон (рис. 1; [10]) на основе подхода, рекомендованного в швейцарских нормах [6, 7, 15]. Выделяют следующие зоны:

- Красная зона, с периодом повторяемости лавин ≤ 30 лет, а также с периодом повторяемости лавин до 300 лет при давлении >30 кПа (в этой зоне строительство новых сооружений запрещено, исключение возможно только при строительстве защитных сооружений).
- Голубая зона, с периодом повторяемости лавин от 30 до 300 лет при давлении лавин <30 кПа (разрешено строительство новых объектов инфраструктуры с обязательным выполнением требований усиления конструкции сооружения, придания ему специальной формы, а также разработки способов эвакуации).

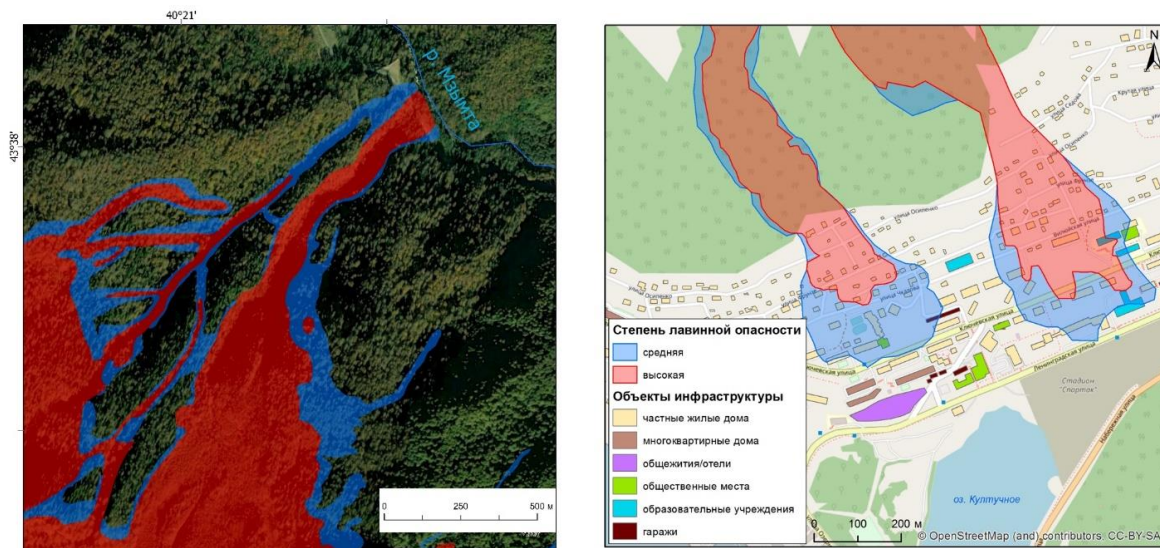


Рис. 1. Фрагмент плана лавиноопасных зон для Западного Кавказа (слева) и г. Петропавловск-Камчатский (справа)

Выводы

Полученные в работе данные являются необходимыми и достаточными для принятия решений по учету лавинной опасности при территориальном планировании. Разделение территории на зоны с разной степенью лавинной опасности позволяет выбирать полностью безопасные или наименее опасные из возможных участков под строительство.

С учетом особенностей рельефа, скорости и давления лавин рекомендуется строительство новой инфраструктуры в безопасных от лавин зонах, а также обеспечение безопасности уже построенной инфраструктуры с использованием комплекса противолавинных мероприятий, учитывая специфику защищаемых объектов в каждом конкретном случае. Капитальные здания и сооружения (которые планируют строить или уже построены), должны быть, по возможности, вынесены за пределы лавиноопасной зоны, а если это невозможно, то их полная защита должна быть обеспечена с использованием инженерных противолавинных сооружений.

Комплексный подход, рассмотренный в настоящей работе, может быть полезен при освоении новых лавиноопасных территорий в горных районах или при планировании противолавинных мероприятий для существующей застройки и инфраструктуры.

Литература

1. Акифьева К.В. Методическое пособие по дешифрированию аэрофотоснимков при изучении лавин. Л.: ГИМИЗ, 1980. 50 с.
2. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира /под ред. акад. РАН В.М. Котлякова. М.: РАН, 1997.
3. Благовещенский В.П. Определение лавинных нагрузок. Алма-Ата: Гылым, 1991, 115 с.
4. География лавин. Под ред. Мягкова С.М., Канаева Л.А. М.: Изд-во МГУ, 1992. 331 с.
5. Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 526 с.
6. Родионова П.М., Турчанинова А.С., Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Глазовская Т.Г. Зонирование по степени лавинной опасности при территориальном планировании // Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата «Геориск-2018». 2018. С. 116-122.
7. Родионова П.М., Турчанинова А.С., Сократов С.А., Селиверстов Ю.Г., Глазовская Т.Г. Методика учёта лавинной опасности при территориальном планировании в России // Лёд и снег. 2019. Т. 59. №2. С. 245-257.
8. СП 428.1235800.2018. Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах. Общие требования. М., 2018.
9. Турчанинова А.С., Селиверстов Ю.Г., Глазовская Т.Г. Моделирование снежных лавин в программе RAMMS в России // Геориск. 2015. №4. С. 42-47.
10. Турчанинова А.С., Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Глазовская, Т.Г. Влияние снежных лавин на инфраструктуру в российской Арктике // ГеоРиск. 2019. Т. 13. №3. С. 60-71.
11. Федеральный закон «Градостроительный кодекс Российской Федерации» №190-ФЗ от 29.12.04 г.

12. Шайхутдинов Р.Ш., Баталкина С.Д. К вопросу о лавинной опасности территории г. Петропавловска-Камчатского // *Вопр. географии Камчатки*. Вып. 9. Петропавловск-Камч., 1985. С. 85–88.
13. Bartelt P., Buehler Y., Christen M., Deubelbeiss Y., Salz M., Schneider M., Schumacher L., 2017. A numerical model for snow avalanches in research and practice. RAMMS User Manual v. 1.7.0 Avalanche. WSL/SLF, Davos, Switzerland.
14. Christen, M., Bartelt P., Kowalski J. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. ELSEVIER. *Cold Regions Science and Technology* 63, 1–10.
15. Rudolf-Miklau F., Sauermoser S., Mears A. (ed.). The technical avalanche protection handbook. John Wiley & Sons, 2014.