

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ

УДК 551.548.78

Катастрофические лавины и методы борьбы с ними

© 2014 г. Н.А. Володичева, А.Д. Олейников, Н.Н. Володичева

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

azau@geogr.msu.ru

Catastrophic avalanches and methods of their control

N.A. Volodicheva, A.D. Oleynikov, N.N. Volodicheva

Moscow State University

Статья принята к печати 8 мая 2014 г.

*Изменения климата, катастрофические лавины, климатические экстремумы, лавинный режим, снежность зим.
Avalanche regime, catastrophic avalanches, climate change, climate extremes, snowiness of winter.*

Исследованы катастрофические снежные лавины, с которыми связаны масштабные стихийные явления и значительные затраты по инженерной защите объектов промышленного и рекреационного назначения. В основу работы положен анализ данных о катастрофических лавинах в разных горных странах и условиях их формирования. Используются материалы снеголавинных наблюдений на Эльбрусском стационаре географического факультета МГУ на Центральном Кавказе, которые проводятся с 1960-х годов. Даны определения понятия «катастрофическая лавина». Проанализированы наиболее известные случаи схода катастрофических лавин в горных районах Кавказа, Альп и Средней Азии. Рассмотрены комплексные меры инженерной защиты, имеющие разную степень эффективности.

Definition of such phenomenon as «catastrophic avalanche» is presented in this article. Several situations with releases of catastrophic avalanches in mountains of Caucasus, Alps, and Central Asia are investigated. Materials of snow-avalanche observations performed since 1960s at the Elbrus station of the Lomonosov Moscow State University (Central Caucasus) were used for this work. Complex-valued measures of engineering protection demonstrating different efficiencies are considered.

Введение

Ежегодно в горных районах Земли сходят десятки катастрофических лавин, которые причиняют значительный материальный ущерб и нередко уносят человеческие жизни. Выполненный обзор исследований, посвящённых изучению катастрофических лавин и развитию этого понятия в лавиноведении, показал, что существуют разные подходы к его определению. Актуальность вопроса обусловлена дискуссией на рубеже XX–XXI вв., касающейся того, что считать «катастрофической лавиной» и что относить к «лавинным катастрофам». Различие точек зрения по этому вопросу определяет выбор разных массивов исходной информации и получаемых из них выводов.

С момента организации систематических снеголавинных наблюдений в 1960-х годах изучению катастрофических лавин стало уделяться особое внимание. Г.К. Сулаквелидзе [18] одним из первых выделил класс спорадических лавин, обрушение которых наблюдается при редких для рассматриваемого района метеоусловиях и места их схода обычно не известны. К.С. Лосев [11] называл катастрофическими

лавины редкой повторяемости, которые достигают больших размеров и сходят при необычной метеорологической ситуации. И.В. Северский [14] на основе многолетнего опыта изучения снежных лавин Средней Азии относит к катастрофическим лавинам больших размеров, которые возникают в тех местах, где они обычно не образуются, причиняют большой материальный ущерб и сопровождаются человеческими жертвами. К.Л. Абдушлишвили с коллективом авторов [1] при изучении лавин на территории Грузии к катастрофическим относил как спорадические лавины, так и систематические, которые выходят далеко за пределы своих среднестатистических границ, а в результате их внезапности и исключительной мощности наносится большой ущерб хозяйству и населению. В.В. Дзюба и Е.А. Золотарев [7] при описании последствий суровой и многоснежной зимы 1975/76 г. на Кавказе к катастрофическим относили лавины чрезвычайно редкой повторяемости (один раз в столетие), которые по объёму и дальности выброса приближаются к максимально возможному в рассматриваемом лавинном очаге. В гляциологиче-

ском словаре [6] к катастрофическим отнесены лавины редкой повторяемости, возникающие при оптимальном сочетании лавинообразующих факторов и распространяющиеся далеко за пределы минерального конуса выноса, сформированного обычными лавинами из данного лавинного очага. Лавины этого типа сопровождаются значительным материальным ущербом и человеческими жертвами.

Постановка проблемы

В 1980–90-х годах при становлении нового направления – географии риска – получила развитие точка зрения академика И.П. Герасимова [5], который считал, что понятие «катастрофический» обязательно должно содержать социально-экономический элемент и не может характеризовать природный процесс сам по себе. Такой подход послужил основанием для разделения геофизической и социально-экономической сущности явления. А.Л. Шныпарков предложил выделить класс особо крупных лавин [21]. К катастрофическим автор относит лишь те лавины, которые вызывают материальный ущерб и сопровождаются человеческими жертвами. Объёмы таких лавин могут составлять от десятков до нескольких миллионов кубических метров. В ряде работ используется понятие лавинная катастрофа, критерий которой – число человеческих жертв [17]. В настоящее время в лавиноведении при изучении катастрофического лавинообразования используют оба подхода. Это – разные срезы проблемы, которые направлены на изучение как самого природного явления, так и его взаимодействия с человеком и окружающей средой.

На современном этапе тесного контакта общества и природы для характеристики катастрофического лавинообразования мы предлагаем учитывать экологический аспект. В период массового схода гигантских лавин даже в пределах безлюдных горных территорий общество в опосредованном виде сталкивается с их неблагоприятными последствиями: уничтожением лесных массивов; гибелью животных; подтоплением и прорывом рек; многолетним изменением облика горного ландшафта. Любая лавина гигантских размеров, а тем более их массовый сход, наносит ущерб существующей среде обитания. В соответствии с изложенным мы считаем катастрофическими лавины особо крупных размеров и редкой повторяемости, которые возникают при необычных снежно-метеорологических условиях и характеризуются следующими отличительными особенностями: экстремальными размерами для данного лавинного очага; трудной

предсказуемостью мест схода и зоны лавинного поражения; воздействием на природную среду, нарушающим экологический баланс; гибелью людей и материальным ущербом.

Результаты исследований

В настоящее время в связи с глобальным изменением климата и ростом повторяемости погодных аномалий особое внимание уделяется прогнозу климатических экстремумов, которые в значительной степени влияют на состояние природной среды и жизнедеятельность общества. Зимой в горных районах с аномалиями погоды связаны затяжные обильные снегопады и сопутствующие им катастрофические лавины, которые отнесены к особо опасным гидрометеорологическим явлениям, способным на многие десятилетия изменить облик горных ландшафтов. Данные о формировании особо крупных и катастрофических лавин получены нами на основе анализа литературных и интернет-источников, личных наблюдений в разных горных районах и на Эльбрусском стационаре географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в Приэльбрусье [3, 4, 12, 13, 24, 25]. Изучение причин формирования, повторяемости и последствий катастрофического лавинообразования в условиях роста климатических экстремумов служит основой для выработки эффективной стратегии по защите от особо крупных снежных лавин в районах промышленного и рекреационного освоения и способствует созданию фактической базы данных для верификации и уточнения прогнозных оценок.

В горных районах мира систематический сбор данных о катастрофических лавинах начался в XX в. К этому времени появилась разветвлённая сеть метеорологических станций, с помощью которой стали возможны сбор массовой снеголавинной информации и анализ синоптических условий формирования крупных лавин. К наиболее важным снеголавинным параметрам относятся: продолжительность снегопадов; их интенсивность; прирост толщины снега за снегопад; температура во время выпадения осадков; интенсивность метелей; физико-механические характеристики снежной толщи. В табл. 1 собраны сведения о наиболее известных случаях лавинных катастроф в горных районах Альп, Средней Азии и Кавказа.

Масштабные катастрофы чаще всего происходят при обрушении лавин из свежеснежного покрова, которые возникают при вторжениях циклонов и сопровождаются интенсивными

Таблица 1. Сведения о периодах с массовым сходом крупных и катастрофических лавин в различных горных районах мира*

Горный район, бассейн реки	Лавиноопасный период, даты	Макси- мальный объём ла- вин, тыс. м ³	Сведения об осадках				Прирост тол- щины снега, м	
			период выпадения	количе- ство, мм	суточный максимум, мм/дата	интен- сивность, мм/ч		выше нормы
<i>Альпы</i>								
Восточные Альпы, Швейцария, Австрия	19–23.01.1951	–	15–23.01	–	$\frac{100}{20.01}$	–	В 5–7 раз за январь	2
	13–15.02.1951		3–15.02		$\frac{75}{9.02}$		В 4–6 раз за февраль	1,5–2
	Альпы		1954		–		–	–
Альпы, Карпаты	7–25.02.1999		9.01–24.02		–		–	2–3
<i>Средняя Азия</i>								
Северный склон Заилийского Алатау	11–16.03.1966	400	11–16.03	70	–	–	В 3,7 раза за март; в 2,1 раза за зиму	–
Западный Тянь-Шань, р. Пскем	13–15.03.1966	–	1–4.03 10–11.03 13–15.03	167	$\frac{43}{14.03}$	3	–	
Западный Тянь-Шань, реки Дукант, Кызылча, Наугарзан	20–25.01.1969	6000	20–25.01	176	$\frac{87}{21.01}$	4,8	В 3–5 раз за январь, в 2 раза в зиму	1,2
Восточный Казахстан, Ульбинский хребет	13–15.02.1973	7000	11–14.02.	44	30	1,2	В 5 раз за зиму	1–1,2
Западный Тянь-Шань	3–9.02.1976	1700	1–10.02	102	39	–	–	–
<i>Кавказ</i>								
Центральный Кавказ, р. Заккидон	16.01–5.02.1963	200	13–27.01	156	$\frac{26}{16.01}$	1,3	3 раза за январь	1,1
Западный Кавказ, р. Зеленчук	10–14.01.1968	1500	5–14.01	172	$\frac{32}{10.01}$	1,5	В 3 раза за январь	–
Центральный Кавказ, р. Азау	6.12.1973	2100	30.11–6.12	111	$\frac{42}{06.12}$	1,8	В 2,5 раза в декабре	1,1
	18.01.1976	2000	12–19.01	104	$\frac{38}{18.01}$	1,6	В 3 раза за январь	0,9
Центральный Кавказ, р. Заккидон	17–21.01.1976		14–20. 01.1976	94	–	–	В 2,5 раза за январь	0,8
Западный и Централь- ный Кавказ, Грузия	12–20.01.1976	5000	3–20.01	265	$\frac{88}{14.01}$	3,7	В 4–6 раз за январь	2,5
	3–4.01.1979	500	2–4.01	119	$\frac{51}{4.01}$	2,9	В 2,5 раза за январь	0,9
Северные и южные склоны Западного и Центрального Кавказа	21.12–10.01. 1986 и 26.01–3.02.1987	7500	21.12–10.01 и 26.01–3.02	200–520	$\frac{120}{1.02}$	4,2	В 3–5 раз за январь	2,5–3,0
Центральный Кавказ, р. Баксан	1996	400	22–30.12	260	$\frac{91}{27.12}$	3,6	В 3,5 раза за декабрь	1,5

*Прочерки – нет точных данных.

снегопадами. Отличительная черта этих периодов — однородность условий лавинообразования на значительных по площади территориях, что отражает географические закономерности распространения лавин и служит основой для фоновых прогнозов лавинной опасности. Приведённый обзор наиболее известных случаев массового схода катастрофических лавин (см. табл. 1) показывает, что в разных районах Альп зимой 1950/51 г. зона катастрофического лавинообразования занимала территорию длиной 700 км и шириной 150 км. При этом вышла из строя вся транспортная сеть Альп. Количество свежеснегавпавшего снега в январе превысило среднегодовую норму на 200–300%. Подобные катастрофические лавины были известны в Альпах и в средние века. В Швейцарии, где многие города и селения расположены высоко в горах, предания о лавинах передаются из поколения в поколение. В хронике Монтафона за 1689 г. приведены данные о гибели 120 человек и разрушении 119 домов в результате схода лавин после длительных снегопадов [20].

Исключительно лавиноопасной была зима 1968/69 г. в горных районах Средней Азии и Казахстана: в Киргизии, Джунгарском Алатау, Рудном Алтае и на Памире [7, 9, 10, 14–16]. Почти на всех снеголавинных станциях был зафиксирован одновременный сход лавин из-за перегрузки склонов свежеснегавпавшим снегом. Зимой 1975/76 г. массовым катастрофическим лавинообразованием были охвачены южные и северные склоны Большого Кавказа [1, 7, 12]. Особенно много лавин сошло в Грузии, где толщина снежного покрова достигла 7 м. На метеостанции Ачишхо (южный склон Западного Кавказа) толщина снега составляла 8 м, что привело к разрушению станции под его тяжестью. В январе в бассейнах многих горных рек сошли сотни гигантских лавин. Их максимальный объём достигал 5 млн м³, а длина пробега, например в долине р. Ингури, превысила 7 км. Через 11 лет на Большом Кавказе ситуация повторилась.

По результатам наших наблюдений и анализа метеорологических данных, зима 1986/87 г. оказалась одной из самых снежных и лавиноопасных в XX в. [12]. В Альпах значительный материальный ущерб был нанесён снежными лавинами в январе 1999 г.; тогда погибли более 100 человек. Анализ собранного материала показал, что лавиноопасные периоды, вызванные однородными синоптическими процессами, одновременно наблюдаются в таких удалённых друг от друга районах, как Альпы, Карпаты, Кавказ, Тянь-Шань.

Характерная особенность синоптических процессов, с которыми связаны исключительные по интенсивности снегопады на Кавказе, — их меридиональная направленность.

Установлено, что среди метеорологических факторов определяющее влияние на формирование катастрофических лавин оказывают критические величины осадков, температурные условия, скорость ветра при снегопадах, а также особенности осенне-зимнего периода. Для большинства горных районов критическая сумма осадков за снегопад, при которых сходят разрушительные лавины, считается равной 100 мм. Для Кавказа она составляет 80–120 мм, для Альп — 120 мм. Важным индицирующим признаком периодов острой лавинной опасности служит превышение месячных или зимних норм осадков (см. табл. 1). В месяцы с массовым сходом катастрофических лавин количество осадков может превышать норму в 2–4 раза, а для всей зимы — в 2 раза и более. Продолжительность выпадения интенсивных осадков может быть разной, но в среднем она не превышает 7–10 дней. Суточные максимумы осадков в исключительных случаях достигают 80–100 мм при интенсивности более 5 мм/ч. Прирост толщины снежного покрова за снегопад в среднем составляет 0,8–1 м, но в отдельных случаях достигает 2 м и более. Интенсивные снегопады наблюдаются в широком диапазоне температур.

Катастрофические лавины сходят как при низких, так и при относительно высоких температурах воздуха. Однако наибольшая лавинная опасность свойственна холодным зимам. Скорость ветра, благоприятная для формирования наиболее крупных лавин, изменяется от 6 до 10 м/с. Характерная черта катастрофических лавин — обрушение снежных масс на участках склонов, равных 2/3 площади лавиносбора. В этом случае отрывается однородный по генезису и прочностным характеристикам пласт снега. Ведущую роль в формировании таких лавин из снежных плит играет ветер. В большинстве случаев непосредственной причиной схода катастрофических лавин служит перегрузка склонов свежеснегавпавшим снегом.

Для выявления тенденций в лавинообразовании и их связи с происходящими изменениями климата в Кавказском регионе были обобщены результаты многолетних натуральных наблюдений за сходом особо крупных и катастрофических лавин на участке детальных снеголавинных наблюдений в Приэльбрусье. Все они были связаны с интенсивными снегопадами и аномалиями снежности

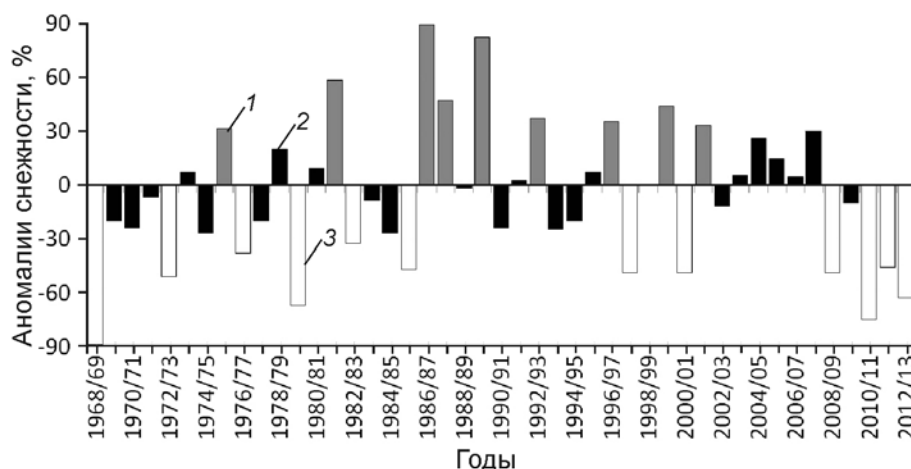


Рис. 1. Аномалии снежности зим в Приэльбрусье в 1968–2013 гг.:

1 – многоснежные зимы – 25%; 2 – среднеснежные зимы – 48%; 3 – малоснежные зимы – 27%

Fig. 1. Anomalies of winters' snowiness in the Elbrus area in 1968–2013:

1 – much snow winters – 25%; 2 – middle snow winters – 48%; 3 – little snow winters – 27%

Таблица 2. Параметры особо крупных лавин за период стационарных наблюдений в Приэльбрусье*

Дата схода	Номер лавиносбора	Объём лавины, тыс. м ³	Площадь уничтоженного леса, га	Источник сведений
03.1956	9, 10	–	–	А.В. Яшина [23]
20.12.1967	9	250	2,3	Е.С. Трошкина, Н.А. Урумбаев [19]
20.12.1967	9, 10	600	2,7	
1.04.1969	9	460	1,3	
11.03.1971	14	160	2,0	
6.12.1973	9, 10	1200	14,5	Е.А. Золотарев [8]
18.01.1976	11–13	600	26	Е.А. Золотарев [8]
	14	450		Е.С. Трошкина, Н.А. Урумбаев [19]
4.01.1979	9–11	–	–	Фондовые материалы Эльбрусской учебно-научной базы [22]; А.Д. Олейников, Н.А. Володичева [12, 13]
5.01.1987	9, 10			
9.01.1987	9, 10			
12.01.1987	11			
20.01.1994	9			
29.12.2001	9	500	9	

*Прочерки – нет точных данных.

(рис. 1). Самые разрушительные лавины в верховьях Баксанской долины отмечены в 1967/68, 1973/74, 1975/76, 1986/87, 1992/93, 2001/02 гг. (табл. 2) [12, 13]. Рекордной была лавина 6 декабря 1973 г., которая имела объём 1,2 млн м³ при максимальной толщине снега на линии отрыва 7,3 м. На протяжении 1 км она выбила лес возрастом 100–250 лет до противоположного борта долины [2, 19].

В 1976 г. наблюдался одновременный сход лавин из двух соседних лавиносборов в виде ледниковых каров, которые образовали единый конус выноса объёмом свыше 1 млн м³. В январе 1987 г.,

несмотря на профилактический обстрел склонов, проводимый противолавинной службой, отмечен естественный сход гигантских лавин из лавиносборов № 9 и 10 (рис. 2). Самопроизвольное обрушение снега произошло 5 и 9 января 1987 г. В это же время (9 января 1987 г.) со склонов ледника Когутай сошла лавина объёмом 680 тыс. м³, которая перекрыла Чегетскую поляну на площади 20 тыс. м². По пути движения лавина уничтожила хозяйственные строения и остановилась у восьмиэтажного здания туристской гостиницы «Чегет», расположенной на периферии поляны. При этом снеговоз-



Fig. 2. Последствия схода катастрофических лавин в Приэльбрусье. Фото А.Д. Олейникова. *а* – разрушения в пос. Терскол после схода катастрофической лавины № 14 в январе 1976 г.; *б* – лавинные завалы на автодороге Терскол – Азау в январе 1976 г.; *в* – разрушения в пос. Терскол после схода катастрофических лавин № 9, 10 в январе 1987 г.

Fig. 2. Aftermath of catastrophic avalanche in the Elbrus area. Photo by A.D. Oleynikov.

a – destructions in the village Terskol after catastrophic avalanche № 14 in January of 1976; *b* – avalanche blockages on the road Terskol – Azau in January of 1976; *v* – destructions in the village Terskol after catastrophic avalanches № 9, 10 in January of 1987

душной волной были выдавлены большие витражные стёкла на первом и втором этажах гостиницы.

В декабре 2001 г. произошло почти одновременное обрушение лавин из лавиносборов № 9 и 10. В результате лавина № 9 приобрела необычную траекторию движения и основная масса лавинного потока отклонилась на 17° вверх по до-

лине от обычной траектории схода, что привело к уничтожению векового леса на селевом конусе Гарабаши. Среди поваленных и обследованных деревьев был образец возрастом 295 лет [13]. Описанные лавины относятся к лавинам 1%-й обеспеченности. Они – следствие крайне редких по повторяемости снежно-метеорологических ситу-

аций (см. табл. 2). Однако результаты натуральных наблюдений показали, что катастрофические лавины в 1970–80-е годы носили серийный характер и сходили с интервалом в среднем один раз в 5–7 лет. О причинах такой активизации катастрофических лавин во второй половине XX в. высказывались различные точки зрения. Связывали это с увеличением снежности зим, с ритмами в изменении солнечной активности, с ростом повторяемости гидрометеорологических аномалий. По результатам проведённых нами исследований, активизация катастрофических лавин во второй половине XX в. — следствие совместного влияния двух процессов. С одной стороны, это долговременные климатические изменения, в результате которых стали возможны деградация карового оледенения и существенное преобразование рельефа горных склонов; с другой — рост межсезонной изменчивости климата, который сопровождался увеличением повторяемости чрезвычайных по интенсивности снегопадов.

В последние два десятилетия на Кавказе не наблюдалось лавинных катастроф, которые по своему масштабу были бы сопоставимы с лавинами 1975/76 и 1986/87 гг. На современном этапе обрушение катастрофических лавин носит более локальный и единичный характер. Ранее катастрофические лавины были приурочены к середине зимы и наблюдались после холодных январских снегопадов. В настоящее время из-за термической нестабильности зимнего периода всё более частым явлением стали глубокие оттепели в середине зимнего сезона, которые привели к появлению нового генетического типа катастрофических лавин, связанных с адвекцией воздушных масс. Адвекционные лавины имеют меньшую дальность выброса и зону поражения по сравнению с лавинами из свежевыпавшего снега. Однако, выходя за пределы минеральных конусов выноса, они также угрожают жизни людей и инженерным сооружениям.

Изучение следов схода особо крупных лавин в различных географических условиях, а также детальные обследования участков лавинного поражения после многоснежных зим на Большом Кавказе позволили установить наиболее характерные черты и морфологические признаки катастрофического лавинообразования. В зимы лавинных катастроф широко распространены «лавины с исключительной дальностью выброса», «прыгающие лавины с трудно предсказуемыми траекториями движения и зоной поражения», весенние мокрые «лавины заторного типа», «лавинные заплески»,

которые возникают при переполнении снегом лавинного лотка. Поэтому перед проектированием противолавинных сооружений и разработкой мер защиты от лавин необходимо чётко представлять себе масштабы лавинной опасности.

Меры защиты от катастрофических лавин

В горных районах для борьбы с особо крупными лавинами применяют комплексные меры инженерной защиты, которые предусматривают: удержание снега в очагах зарождения лавин; ограничения по растеканию лавинного снега в зоне транзита; установку лавинорезов и тормозящих клиньев; сооружение отбойных и отводящих дамб на минеральных конусах выноса лавин. Так, в Альпах примером может служить комплекс уникальных инженерных сооружений под ледником Таконназ на северном склоне Монблана, в районе перевала Сен-Готард; в Норвегии — применение удерживающих и отбойных противолавинных конструкций; в Хибинах — использование сдвоенных лавиноотбойных и гасящих скорость лавин дамб. В Туве недавно сдана в эксплуатацию противолавинная галерея длиной 1340 м на одном из самых опасных участков федеральной трассы М-54 «Енисей» Абакан — Кызыл, которая представляет собой главную транспортную артерию Республики Тыва. На БАМе в 1980-е годы был построен комплекс противолавинных сооружений — тоннели, стенки, дамбы, возведённые на лавиноопасных участках при пересечении Байкальского, Северо- и Южно-Муйского хребтов в районе озёр Леприндо. Как показали наблюдения, предложенные меры борьбы с лавинами защищают объекты разного назначения, характеризуются разной эффективностью и экономическими затратами на поддержание их работы. В Приэльбрусье для борьбы с лавинами с 1982 г. применяют профилактический обстрел склонов, который не может в полной мере обеспечить безопасность населения, рекреантов, инженерных сооружений и линейных коммуникаций. Кроме того, обстрел и рост числа лавин негативно воздействуют на скальные и травянистые поверхности, усиливая эрозию склонов и препятствуя восстановлению леса на склонах и дне долины.

В связи с принятием в 2007 г. Федеральной программы по развитию Приэльбрусья Трестом «Ай Би Си» Промстрой (г. Нальчик) были начаты работы, в основу которых положены инженерные методы борьбы с лавинами. Построенный в 2009–2013 гг. комплекс противолавинных сооружений в сочетании с методом профилактического обстрела



Рис. 3. Лавинные отложения на тормозящих клиньях лавинного конуса № 10 в конце зимы 2012/13 г. Северный склон хр. Чегет, Приэльбрусье. Фото Н.Н. Володичевой

Fig. 3. Avalanche deposits on the stopping mounds of avalanche cone № 10 at the end of winter 2012/13. Northern slope of Cheget range, Elbrus area. Photo by N.N. Volodicheva

склонов призван защитить рекреационную инфраструктуру Приэльбрусья (автомобильную дорогу, магистральный газопровод, трассу ЛЭП) и обеспечить более высокий уровень защиты всего горно-туристского кластера на склонах Эльбруса (рис. 3). В нашей стране это – первый опыт борьбы со снежными лавинами объёмом более 1 млн м³. В альпийских странах сооружения подобного типа были эффективны и выполняли свои функции на протяжении десятков лет, однако в экстремальных снежно-метеорологических условиях и они не смогли в полной мере противостоять снежной стихии. В Приэльбрусье проводятся мониторинг за сходом снежных лавин и оценка эффективности комплекса противолавинных сооружений в зимы разной снежности. Прошедшие зимы 2010–2013 гг. оказались малоснежными, что не позволило оценить защитные свойства дамбы. Реальная надёжность противолавинных сооружений по защите линейных коммуникаций Приэльбрусья может быть дана лишь в условиях многоснежных зим.

Выводы

Во второй половине XX в. отмечен рост повторяемости особо крупных лавин 1%-й обеспеченности. Лавины подобного типа приобрели серийный характер и отмечены в зимы 1967/68, 1973/74, 1975/76, 1986/87 гг. В начале XXI в. наблюдаются общий спад лавинной активности и уменьшение повторяемости схода катастрофи-

ческих лавин. В условиях нарастания изменчивости климата и увеличения числа аномально тёплых зим всё чаще фиксируются катастрофические лавины адвекционного типа. По сравнению с лавинами из свежеснежного покрова они имеют меньшую дальность выброса, но также характеризуются значительной разрушительной силой и при выходе далеко за пределы своих обычных границ представляют собой серьёзную угрозу для населения, объектов промышленного и рекреационного освоения.

Благодарности. Авторы благодарны ведущим специалистам ООО «Ай Би Си» Промстрой А.С. Андрееву и М.Л. Пузенко.

Исследования выполнены при поддержке проекта РФФИ № 13-05-00830.

Литература

1. Абдушелишвили К.Л., Калдани Л.А., Салуквадзе М.Е. Катастрофические лавины на территории Грузии // Тр. ЗаКНИГМИ. 1979. Вып. 68 (74). С. 94–105.
2. Акифьева К.В., Турманина В.И. Фитоиндикация частоты схода лавин в Приэльбрусье // Тр. ЗаКНИГМИ. 1970. Вып. 45 (51). С. 74–81.
3. Алейников А.А., Володичева Н.А., Олейников А.Д., Петраков Д.А. Ледниковая и лавинная опасности рекреационного комплекса «Чегетская поляна» в Приэльбрусье // Лёд и Снег. 2011. № 2 (114). С. 45–53.
4. Андреев А.С., Володичева Н.Н., Пузенко М.Л. Защита от особо крупных лавин в Приэльбрусье // МГИ. 2012. Вып. 2012-1. С. 38–44.

5. Герасимов И.П., Звонкова Т.В. Стихийные бедствия, изучение и методы борьбы / Под ред. С.Б. Лаврова, Л.Г. Никифорова. М.: Прогресс, 1978. С. 349–365.
6. Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 528 с.
7. Дзюба В.В., Золотарев Е.А. Катастрофические лавины в Сванетии зимой 1975/76 г. // МГИ. 1979. Вып. 36. С. 228–234.
8. Золотарев Е.А. Изучение снега и лавин в Приэльбрусье фотограмметрическим методом // Лавины Приэльбрусья / Под ред. Е.С. Трошкиной. М.: изд. МГУ, 1980. С. 47–62.
9. Ефимов М.К. Условия лавинообразования в многоснежную зиму 1968/69 г. в Западном Тянь-Шане // Тр. САНИГМИ. 1972. Вып. 63 (78). С. 89–95.
10. Канаев Л.А., Чиркова А.А. Особенности массового лавинообразования в горах Узбекистана зимой 1968/69 г. // Метеорология и гидрология. 1970. № 6. С. 86–91.
11. Лосев К.С. Прогнозы лавин // Тр. 1-го Всес. совещ. по лавинам. Л.: Гидрометеоздат, 1965. С. 97–111.
12. Олейников А.Д., Володичева Н.А. Повторяемость многоснежных зим и лавинных катастроф на Большом Кавказе в XX столетии // МГИ. 2001. Вып. 91. С. 87–95.
13. Олейников А.Д., Володичева Н.А. Об увеличении лавинных катастроф в районах деградации горного оледенения // МГИ. 2005. Вып. 99. С. 89–93.
14. Северский И.В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. Алма-Ата: Наука, 1978. 256 с.
15. Северский И.В., Соседов И.С., Филатова Л.Н. Условия лавинообразования и массовый сход снежных лавин на северном склоне Заилийского Алатау весной 1966 г. // Тр. Ин-та гидрогеологии и гидрофизики. 1969. Т. 2. С. 27–58.
16. Сезин В.М. Синоптические условия схода снежных лавин в горах Западного Тянь-Шаня // МГИ. 1982. Вып. 42. С. 94–100.
17. Селиверстов Ю.Г. К вопросу об изменении лавинной активности и лавинного риска на территории России // МГИ. 2012. Вып. 2012-1. С. 45–50.
18. Сулаквелидзе Г.К. Некоторые физические свойства снежного покрова // Вопросы изучения снега и использования его в народном хозяйстве. М.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 24–54.
19. Трошкина Е.С., Урумбаев Н.А. Редко действующие катастрофические лавины // Лавины Приэльбрусья. М.: изд. МГУ, 1980. С. 41–47.
20. Фляйг В. Внимание, лавины! М.: Изд-во иностр. литературы, 1960. 223 с.
21. Шныпарков А.Л. Особо крупные лавины и условия их массового схода: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1990. 22 с.
22. Фондовые материалы Эльбрусской учебно-научной станции: Научные отчеты. Азау, 1968–2013 гг.
23. Яшина А.В. Снежные лавины на Кавказе // Природа. 1957. № 6. С. 113.
24. www.liveinternet.ru/users/irinalex/post292945580/ Лавинные катастрофы, произошедшие в Альпах
25. bigrefs.ru/07/ref.php?id=1232672221 Лавинные катастрофы в Европе зимой 1998–99 гг.

Summary

The paper is devoted to investigation of catastrophic avalanches. Every year tens of them rush down in different regions of the world and result in large-scale disastrous phenomena. Great expenses are required for engineering protection of different industrial and social objects against such avalanches. Definition of the phenomenon «catastrophic avalanche» is given. Data on catastrophic avalanches in different mountain regions together with conditions of formation of them are analyzed. Materials of snow-avalanche observations performed since 1960s at the Elbrus station of the Lomonosov Moscow State University (Central Caucasus) were used for this work. The most well-known events of catastrophic avalanche releases in mountain regions of Caucasus, Alps, and Central Asia are considered. Complex-valued measures of engineering protection are discussed with respect to different efficiencies of them.

In the second half of 20th century, increase of recurrence of especially large avalanches with 1% provision was noted. Such avalanches became serial since they were recorded in winters of 1967/68, 1973/74, 1975/76, 1986/87. But at the beginning of 21st century, the avalanche activity became smaller and recurrence of their releases did also decrease. Under conditions of growing climate instability and increase of anomalously warm winters, the catastrophic avalanches of advective type are mostly observed. Relative to avalanches from newly fallen snow they have smaller run-out distance but they also have significant destroying power. It means that if such snow avalanches rush out far outside their normal limits they bring the threat for population and buildings.