

## Зимы лавинного максимума на Большом Кавказе за период инструментальных наблюдений (1968–2016 гг.)

© 2020 г. А.Д. Олейников\*, Н.А. Володичева

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

\*snowldozor@yandex.ru

## Winters of avalanche maximum in the Greater Caucasus for the period of instrumental observations (1968–2016)

A.D. Oleinikov\*, N.A. Volodicheva

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

\*snowldozor@yandex.ru

Received March 3, 2020 / Revised July 7, 2020 / Accepted September 9, 2020

**Keywords:** *avalanche danger, avalanche extremes, catastrophic avalanches, Greater Caucasus, snowiness of winters, winters of avalanche disasters.*

### Summary

This investigation has been carried out to identify winters with the maximum frequency of avalanches in the Greater Caucasus. The analysis was performed for decades and for the entire period of instrumental observations (1968–2016). We chose severe snow winters which were followed by releases of particularly large and heavy avalanches ( $L_{\max}$ ) and the maximum area of damage to the mountain territory during the study period. The following materials were used for this work: 1) 47-year-old (1968–2016) series of data on snow avalanches from observations performed at the high-altitude station of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University in the near-Elbrus area (Central Caucasus); 2) the results of winter and summer investigations of snow and avalanches in Arkhyz (the Western Caucasus); 3) materials of field works carried out in the Caucasus at different times; 4) the results of winter typing from data of 41 mid- and high-mountain meteorological stations in the Greater Caucasus; 5) literature sources; 6) survey data. The dependence of avalanche activity on the types of winters was established for key observational sites in the near-Elbrus area (Central Caucasus) and Arkhyz (Western Caucasus). This dependence formed the basis for determining the  $L_{\max}$  winters from factors of the avalanche formation, i.e. the air temperature and precipitation for the cold period from meteorological observations. Based on the method of winter typing, the winters of the maximal avalanche occurrence were estimated from data of 41 meteorological stations of the Greater Caucasus for 1936–2016. Results of the typing revealed similar avalanche extremes as it was found from direct observations of releases of snow avalanches: on the Southern macro-slope of the Western and Central Caucasus – 1986/87; on the Eastern Caucasus – 1971/72. Two seasons, claiming the role of the  $L_{\max}$  – 1967/68 and 1975/76, were revealed on the Northern macro-slope.

**Citation:** Oleinikov A.D., Volodicheva N.A. Winters of avalanche maximum in the Greater Caucasus for the period of instrumental observations (1968–2016). *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2020. 60 (4): 521–532. [In Russian]. doi: 10.31857/S2076673420040057.

Поступила 3 марта 2020 г. / После доработки 7 июля 2020 г. / Принята к печати 9 сентября 2020 г.

**Ключевые слова:** *Большой Кавказ, зимы лавинных катастроф, катастрофические лавины, лавинная опасность, лавинные экстремумы, снежность зим.*

Дана оценка зим экстремального лавинообразования на Большом Кавказе по десятилетиям и за весь период инструментальных наблюдений (1968–2016). Используются данные о сходе снежных лавин и результаты типизации зим по материалам 41 метеорологической станции Большого Кавказа. Установлено, что на южном макросклоне Западного и Центрального Кавказа к таким зимам относятся 1986/87 г., на Восточном Кавказе – 1971/72 г., а на северном макросклоне – зимы 1967/68 и 1975/76 гг.

Постановка проблемы лавинного максимума горных территорий стала возможна в результате организации систематических наблюдений за сходом снежных лавин в XX–XXI вв. В эти годы были сформированы базы данных, позволяющие выявить зимы наиболее разрушительного лавинопроявления в пределах крупного горного региона. К зимам лавинного максимума  $L_{\max}$  мы относим зимы аномально высокой снеж-

ности с большим числом особо крупных лавин и максимальной площадью поражения горной территории. В хронологическом ряду эти зимы представляют собой значительную угрозу для жизни людей и социально-экономической инфраструктуры горных районов. Зимы  $L_{\max}$  – это определённые природные реперы, знание которых необходимо при разработке стратегии освоения горных территорий и учёта лавинного

риска. Предлагаемая статья посвящена получению хронологической шкалы реперных зим по десятилетиям, а также для всего периода инструментальных наблюдений на Большом Кавказе.

### Исходные данные

Большой Кавказ – один из наиболее изученных в лавинном отношении горных районов нашей страны. Целенаправленный сбор сведений о лавинах начался в 1936 г. с создания здесь массовой сети метеорологических наблюдений. Комплексное изучение лавин было начато в период Международного геофизического года (1957–1959 гг.). До конца 1980-х годов, когда на территории СССР существовала единая сеть метеорологических наблюдений, массив снеголавинной информации пополняли региональные управления Гидрометслужбы в издаваемых ими тематических сборниках. На северном макросклоне Кавказа работало Ростовское управление Росгидромета и Высокогорный геофизический институт (ВГИ, г. Нальчик); на южном – Закавказский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ЗакНИГМИ, г. Тбилиси). Накопленный к концу XX в. свод данных о лавинах Большого Кавказа вошёл в «Кадастр лавин СССР» [1]. Начиная с 1990-х годов (после распада СССР) доступные научные данные о снежных лавинах южного макросклона Большого Кавказа отсутствуют.

В последние десятилетия источником сведений о снеголавинных событиях на южном склоне Кавказа стали средства массовой информации и интернет, где даются комментарии о складывающейся зимней обстановке. Конечно, такая информация недостаточна для всестороннего изучения природных явлений, но с позиций изучения хронологии экстремальных событий и оценки их повторяемости она бесспорно ценна. Другой косвенный источник информации о лавинах региона – полученная ранее зависимость между метеорологическими параметрами и обрушением снежных лавин [2]. Выявленные зависимости дают возможность для пространственной экстраполяции полученных данных и воссоздания общей картины снеголавинной обстановки. В качестве дополнительного источника сведений по выявлению зим  $L_{\max}$  использованы материалы, полу-

ченные при непосредственном участии авторов: 1) данные 47-летнего ряда наблюдений за снежными лавинами на высокогорном стационаре географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в Приэльбрусье (1968–2016 гг., Центральный Кавказ); 2) результаты зимних и летних стационарных снеголавинных исследований в Архызе (1961–1979, 2006 гг., Западный Кавказ); 3) материалы экспедиционных работ, в разное время проводившихся на Кавказе; 4) результаты типизации зим Большого Кавказа по данным 41 средне- и высокогорной метеорологической станции.

Для типизации зим использованы данные о среднемесячной температуре воздуха и осадках в границах климатически холодного периода. Отметим, что в 1966 г. в системе Гидрометслужбы произошёл переход с четырёхсрочных метеорологических наблюдений на восьмисрочные, что нарушило однородность ряда наблюдений. Использованный в работе массив метеорологических данных выверен и приведён к однородному ряду специалистами Бюро гидрометеорологических расчётов и поверки приборов (ЦВГМО), выполнявшими заказ по предоставлению данных.

### Методика

При регистрации лавин их размеры оценивались на основе балльного метода, в основу которого положена дальность выброса лавин. В отдельные зимы для оценки количественных параметров лавин использовали фототеодолитный метод [3]. Кроме прямых данных о сходе снежных лавин, для выявления зим  $L_{\max}$  применён расчётный метод типизации зим по материалам стандартных метеорологических наблюдений [4]. В лавиноведении показатель снежности – один из главных факторов, определяющих лавинную опасность зим. При традиционном подходе величина снежности оценивается по толщине снежного покрова на основе данных долинных метеостанций. В выполненных нами исследованиях установлено, что на Большом Кавказе в условиях современного климата в аномально тёплые и холодные сезоны снежная ситуация на дне долины не только не отражает фоновой заснеженности горного района, но может быть ей противоположна [4], что связано с существенными различиями тем-



Таблица 1. Условные обозначения, использованные в статье и таблицах

**Размеры лавин:**  
 I – небольшие лавины (останавливаются в верхней части лавиносбора);  
 II – лавины средних размеров (останавливаются в пределах минерального конуса выноса и занимают часть его площади);  
 III – крупные лавины (полностью перекрывают площадь минерального конуса выноса, но не выходят за его пределы);  
 IV – особо крупные, часто катастрофические лавины (могут выходить далеко за пределы минерального конуса выноса);  
 IV<sub>1</sub> – лавины из древнеледниковых каров и крупных денудационных воронок объёмом свыше 300 тыс. м<sup>3</sup> и максимальных объёмов более 1 млн м<sup>3</sup>; IV<sub>2</sub> – лавины из эрозионных врезов и денудационных воронок, которые выходят далеко за пределы минеральных конусов выноса, угрожая жилым и хозяйственным постройкам, линейным коммуникациям, участкам лесных ландшафтов объёмом в несколько десятков тысяч кубических метров.

**Типы зим по температуре воздуха (А–Г) и осадкам (1–4) за холодный период:**  
 А – аномально тёплые (выше нормы на величину более одной δ);  
 Б – умеренно тёплые (выше нормы в пределах одной δ);  
 В – умеренно холодные (ниже нормы в пределах одной δ);  
 Г – аномально холодные (ниже нормы на величину более одной δ).  
 1 – аномально сухие (ниже нормы более чем на одну δ);  
 2 – с дефицитом осадков (ниже нормы в пределах одной δ);  
 3 – с осадками выше нормы (в пределах одной δ);  
 4 – аномально увлажнённые (выше нормы более чем на одну δ).

**Степень лавинной опасности зим:**  
 S – низкая: преобладают мелкие и средние по размеру лавины (I–II);  
 M – средняя: сохраняется ведущая роль небольших и средних по размеру лавин (I–II), однако появляются качественно новые условия, приводящие к возникновению единичных крупных лавин (III);  
 H – высокая: наблюдается один и более периодов с массовым сходом крупных лавин (III) и возникают условия для схода особо крупных лавин объёмом свыше 300 тыс. м<sup>3</sup> (IV<sub>1</sub>).

осадков даёт 16 типов зим. Матрица описывает весь диапазон зимних гидротермических условий и позволяет получить информацию о климатических аномалиях зимнего периода как на локальном уровне (по одной метеостанции), так и для целого горного региона (по сети метеостанций). С климатических позиций представляют интерес угловые части матрицы (1А, 1Г, 4А, 4Г) которые характеризуют экстремальные зимы.

Для периода массовых метеорологических наблюдений на Кавказе (1936–1988 гг.) средние многолетние нормы по температуре воздуха и осадкам рассчитаны на основе фактического ряда наблюдений анализируемых станций. Климатическая норма по 30-летнему периоду (1960–1990 гг.), предложенная Всемирной метеорологической организацией, не использовалась из-за распада гидрометеорологической сети в регионе в 1988 г. Предлагаемый метод позволяет восстановить повторяемость ранее наблюдавшихся типов зим по данным стандартной сети метеорологических наблюдений. С этой целью составляется сводная таблица типов зим по всему массиву анализируемых станций (табл. 2). Расчёт ведётся согласно граничным условиям матрицы. Поскольку матрица состоит из 16 типов, можно предположить, что при анализе данных

Таблица 2. Сведения о местоположении метеорологических станций, использованных для типизации зим Большого Кавказа

Макроэкс-позиция склона	Высотное расположение метеорологических станций			Число станций
	более 2000 м, высокогорные	1000–2000 м, среднегорные	менее 1000 м, низкогорные	
Северный	6	13	0	19
Южный	5	14	3	22

по десяткам метеостанций будет наблюдаться значительное разнообразие в типах зим. Однако, как показывают расчёты, этого не происходит. При развитии масштабных гидрометеорологических аномалий над территорией Большого Кавказа, как правило, наблюдается один или два доминирующих типа. В обычные же сезоны разнообразие типов зим возрастает, но при этом также устанавливаются зимы-доминанты. Так, в среднестатистический сезон 1960/61 г. в регионе выявлено пять типов зим – 2Б, 2В, 3Б, 4Б, 1Б, среди которых доминантным был тип 2Б, отмеченный более чем на 50% станций.

На Кавказе в условиях современного климата многоснежные зимы формируются по двум

сценариям: а) при избыточном увлажнении в широком диапазоне температур холодного периода; б) при осадках вблизи нормы в условиях стабильно низких температур холодного периода [4]. В корреляционной матрице эти сценарии представлены пятью типами – 4А, 4Б, 4В, 4Г и 3Г (см. рисунок). Опыт лавинных исследований показывает, что наибольшее число разрушительных лавин наблюдается в холодные и снежные зимы. В матрице к ним относятся три типа: 4Г – аномально-холодные с аномальным увлажнением; 4В – умеренно-холодные с аномальным увлажнением; 3Г – аномально-холодные с осадками выше нормы. По условиям лавинообразования самый опасный – тип 4Г. При данном сочетании температуры воздуха и осадков в современных климатических условиях формируется максимально возможная толщина снежного покрова в каждом конкретном месте наблюдений. Этому типу зимы свойственна крайне редкая повторяемость, и он ни разу не наблюдался на анализируемых станциях Большого Кавказа. Если исходить из допущения, что температура воздуха и осадки имеют нормальный характер распределения, то повторяемость типа 4Г составит 1 раз в 40 лет. Поскольку осадкам, как правило, свойственно асимметричное распределение, вероятность такого события становится ещё ниже. По этой причине анализ распространения и повторяемости экстремальных ситуаций лавинообразования выполнен только для реально наблюдавшихся типов зим – 4В и 3Г.

### Результаты исследований

На первом этапе зимы  $L_{\max}$  выявлялись для ключевых участков наблюдений в Приэльбрусье (Центральный Кавказ) и Архызе (Западный Кавказ). По степени лавинной опасности все зимы делили на три категории: слабая, средняя и сильная. В зимы слабой лавинной опасности преобладают мелкие и средние по размеру лавины; в зимы средней опасности сохраняется ведущая роль небольших и средних по размеру лавин, однако появляются качественно новые условия, приводящие к возникновению единичных крупных лавин; в зимы сильной опасности наблюдается один и более периодов с массовым сходом крупных лавин и возникают условия

для схода особо крупных лавин объёмом свыше 300 тыс. м<sup>3</sup> ( $IV_1$ ), которые могут выходить далеко за пределы минеральных конусов выноса.

Для *Приэльбрусья* оценка лавинной опасности зим выполнена как по суммарному числу лавин всех размеров (I– $IV_1$ ), так и дифференцировано по выделенным группам размеров: II– $IV_1$ , III– $IV_1$ ,  $IV_1$  (табл. 3). Критерием отнесения сезона к одной из групп лавинной опасности считалось отклонение ( $\pm 30\%$ ) от среднего числа сошедших лавин в каждой из выделенных градаций. Зима имела сильную лавинную опасность, если индекс высокой опасности  $H$  (см. табл. 1) был отмечен на любых трёх этапах суммирования из четырёх или на последних двух, которым придавался больший «удельный вес» из-за разрушительного воздействия более крупных лавин. Метод последовательного суммирования позволил исключить из рассмотрения сезоны с преобладанием мелких и средних по размеру лавин и выделить сезоны с высокой активностью крупных лавин: 1967/68, 1970/71, 1975/76, 1978/79, 1986/87, 1992/93, 1996/97, 2001/02, 2005/06, 2007/08, 2009/10 гг. (см. табл. 3).

Для повышения репрезентативности полученных выводов данные наблюдений на ключевом четырёхкилометровом участке были дополнены материалами маршрутных наблюдений на более протяжённом участке между Поляной Азау и посёлком Эльбрус (15 км) в периоды массового лавинообразования (табл. 4). Анализ и обобщение двух массивов информации послужили основой для определения зим  $L_{\max}$  в верховьях долины р. Баксан. Установлено, что за рассматриваемый период (1968–2016 гг.) к зиме  $L_{\max}$  относятся 1975/76 г., в ходе которого сошло наибольшее число разрушительных лавин (см. табл. 4). По десятилетиям зимы  $L_{\max}$  распределились в Приэльбрусье следующим образом: 1960-е – 1967/68; 1970-е – 1975/76; 1980-е – 1986/87; 1990-е – 1992/93; 2000-е – 2007/08 гг. (см. табл. 3).

Сведения о лавинах на втором ключевом участке наблюдений на *Западном Кавказе* (район села Архыз) получены в ходе зимних стационарных работ, летних дендрохронологических исследований, а также данных опроса работников местного лесничества и метеостанции. Исследования в Архызском районе, проводившиеся под научным руководством Г.К. Тушинского в 1977–1979 гг., включали в себя регистрацию и

Таблица 3. Выборка данных по оценке лавинной опасности зим по числу лавин разных размеров на ключевом участке наблюдений в Приэльбрусье\*

Годы	Число сошедших лавин по размерам				Суммарное число сошедших лавин по выделенным градациям размеров				Дифференцированная оценка лавинной опасности зим по сумме лавин в каждой градации				Итоговая оценка лавинной опасности зим
	I	II	III	IV <sub>1</sub>	I–IV <sub>1</sub>	II–IV <sub>1</sub>	III–IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	I–IV <sub>1</sub>	II–IV <sub>1</sub>	III–IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	
<b>1967/68</b>	–	–	14	3	–	–	17	3	–	–	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
1968/69	–	–	2	–	–	–	2	0	–	–	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
<b>1969/70</b>	48	35	28	0	111	63	28	0	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>H</i>
<b>1970/71</b>	21	16	15	1	53	32	16	1	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
<b>1975/76</b>	26	13	15	8	62	36	23	8	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
1977/78	65	40	2	0	107	42	2	0	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
<b>1978/79</b>	40	39	13	3	95	55	16	3	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
1979/80	11	21	0	0	32	21	0	0	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
1980/81	10	40	4	2	56	46	6	2	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>M</i>
<b>1992/93</b>	40	42	16	3	101	61	19	3	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
<b>1996/97</b>	3	50	10	1	64	61	11	1	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
2000/01	10	54	9	0	73	63	9	0	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>M</i>
<b>2001/02</b>	16	113	18	1	148	132	19	1	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
2004/05	30	75	7	0	112	82	7	0	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>M</i>
<b>2005/06</b>	37	92	14	0	143	106	14	0	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>H</i>
2006/07	19	64	1	2	86	67	3	2	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>M</i>
<b>2007/08</b>	31	101	13	3	148	117	16	3	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
2008/09	11	81	4	0	96	85	4	0	<i>M</i>	<i>H</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
<b>2009/10</b>	18	100	15	1	134	116	16	1	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>	<i>H</i>
2015/16	7	18	0	0	25	18	0	0	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>

\*Зимы с сильной лавинной опасностью выделены жирным шрифтом. Размеры лавин I–IV<sub>1</sub> и степень лавинной опасности зим *S*, *M*, *H* см. табл. 1. Прочерки – нет данных.

описание снежных лавин; изучение стратиграфии и физико-механических свойств снежного покрова; снегомерные съёмки на днище и по бортам долины; метеорологические наблюдения в объёме ГМС 2-го разряда. Анализ собранного материала показал, что наиболее разрушительные лавины в бассейне р. Большой Зеленчук сходили в 1967/68 и 1975/76 гг. [5].

Задача второго этапа исследований, применительно к ключевым участкам, состояла в определении зим  $L_{\max}$  на основе расчётного метода типизации зим. Отметим, что в Архызском районе продолжительность метеорологических наблюдений оказалась короче по сравнению с Приэльбрусьем из-за закрытия метеостанции Архыз в 1988/89 г. Общим для сравнительного анализа оказался период 1962–1988 гг. (табл. 5). Как следует из этой таблицы, данные прямых наблюдений за сходом снежных лавин и результаты типизации зим указывают на одни и те же годы экстремального лавинообразо-

вания на Центральном и Западном Кавказе: в 1960-е годы – 1967/68 г. (4В); в 1970-е годы – 1975/76 г. (3Г). Одна из самых снежных зим в Кавказском регионе 1986/87 г. попала в соседние градации: 4В – умеренно холодная с аномальным увлажнением (метеостанция Терскол); 4Б – умеренно тёплая с аномальным увлажнением (метеостанция Архыз).

Лавинные катастрофы в горах всегда широко освещаются в научной литературе и средствах массовой информации, становясь резонансным общественным событием. Зимы, претендующие на роль  $L_{\max}$ , долгое время остаются в поле зрения исследователей и подвергаются всестороннему научному анализу. До середины 1980-х годов на Западном и Центральном Кавказе самой разрушительной по лавинным последствиям считалась зима 1975/76 г. [6–10]. В период январских снегопадов 1976 г., охвативших значительную часть территории Большого Кавказа, сошли тысячи гигантских лавин. Только

Таблица 4. Годы схода особо крупных лавин из деформированных ледниковых каров и крупных денудационных воронок в верховьях долины р. Баксан на участке Поляна Азау – пос. Эльбрус (15 км) за период 1967–2016 гг. (обозначения лавин см. табл. 1)\*

Годы	Склон северной экспозиции. Номера лавиносборов							Склон южной экспозиции. Номера лавиносборов					Общее число лавин
	№ 9	№ 10	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14	Когутай- ская № 22	Нарзан- ная № 35	Терскол- Ак № 49	Итколь- ская № 55	Байдаевская № 167	Тегенек- ли № 174	
1967/68	450	400											2
1968/69	460												1
1973/74	1 200												2
<b>1975/76</b>	<i>AB</i>	<i>AB</i>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	450		IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>		8
1978/79	IV	IV	IV					IV					4
1986/87			IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>			680		IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>		6
1992/93								IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>	5
1996/97							IV <sub>1</sub>		IV <sub>1</sub>				2
2001/02	IV <sub>1</sub>	IV <sub>1</sub>											2
2007/08	IV <sub>1</sub>		IV <sub>1</sub>			IV <sub>1</sub>							3

\*Даны номера лавиносборов со сходом особо крупных лавин по Кадастру лавин МГУ (фондовые материалы). Арабскими цифрами указан объём лавин, тыс. м<sup>3</sup>. Курсивом дан объём одновременно сошедших лавин из соседних лавиносборов № 9 и 10, тыс. м<sup>3</sup>. *AB* – сход лавин в результате активного воздействия из артиллерийского орудия. Зима с сильной лавинной опасностью выделена жирным шрифтом. Незаполненные графы – нет лавин.

в бассейне р. Бзыбь было зафиксировано 155 крупных лавин, наибольшая из которых объёмом 3 млн м<sup>3</sup> прошла путь длиной в 5,6 км. Значительный ущерб был нанесён лавинами лесным массивам в долинах рек Ингури, Ненскра, Накра и др. Максимальный из зафиксированных здесь объёмов составил 5 млн м<sup>3</sup> при длине пробега свыше 8 км. Таких лавин на территории Грузии не наблюдалось около полутора веков [6, 11, 12]. Многие горные селения в этот период остались без электричества из-за разрушения лавинами линий электропередач. Массовому уничтожению подверглись лесные массивы векового возраста. Описаны случаи, когда из-за обилия снега лавины сходили по кронам деревьев, оставляя нетронутыми стволы [13]. На Центральном Кавказе в Приэльбрусье в это время также был отмечен сход катастрофических лавин. Толщина снега на линиях отрыва отдельных лавин достигала 7,6 м [3]. В верховьях долины р. Баксан на многих участках лавины практически полностью уничтожили столетние лесные массивы.

В следующем десятилетии на южном макросклоне Западного и Центрального Кавказа зима 1986/87 г. оказалась ещё более разрушительной по сравнению с 1975/76 г. По исследованиям авторов работы [14], в Грузии обильные снегопады наблюдались на всей горной территории. В январе 1987 г. осадки на многих станциях соста-

вили 300–650% многолетней январской нормы. Прирост толщины снежного покрова за снегопад в отдельных местах достигал 3,5 м, а максимальные величины суточного прироста составили 1–1,2 м. В первой декаде января сход катастрофических лавин отмечался даже в низогорных районах. Специалистами ЗакНИГМИ по данным маршрутных наблюдений зафиксирован 741 случай схода лавин. В период 7–11 и 27–31 января катастрофические лавины на территории Грузии сошли более чем на 30 сёл, уничтожив 73 и повредив 150 жилых домов. В лавинах погибли 75 человек. Было повреждено 945 км автодорог, более 60 мостов, свыше 1000 км высоковольтных линий [1, 14].

На Центральном Кавказе в Приэльбрусье массовому сходу крупных лавин предшествовал снегопад с 21 декабря по 11 января 1987 г., когда выпало 83% зимней нормы осадков – 235 мм. На снеголавинной станции «Пик Чегет» (абсолютная высота 3100 м), расположенной на уровне зоны зарождения лавин, за этот же период выпало 503 мм. Толщина снежного покрова к концу снегопада составила 1,52 м в пос. Терскол, 2,5 м – на Поляне Азау, более 3 м – на метеостанции «Пик Чегет». Ранним утром 9 января с ледника Когутай обрушилась лавина объёмом 680 тыс. м<sup>3</sup>. Многометровой толщей снега она перекрыла обычно многолюдную в дневное

время Чегетскую поляну и дошла до здания семиэтажной гостиницы Чегет [15].

Значительный ущерб зимой 1987 г. был нанесён Транскавказской магистрали, официальное открытие которой состоялось накануне стихийных событий 26 декабря 1986 г. Особенно пострадал 18-километровый участок между селением Нар и северным порталом Рокского тоннеля, где было сооружено шесть противолавинных галерей. Четыре галереи оказались полностью заблокированы лавинным снегом. У одной галереи не выдержало верхнее перекрытие, обрушившееся на полотно автодороги. Со стороны южного портала въезд в тоннель был перекрыт толщей лавинного снега в несколько десятков метров [16].

Сложившаяся в 1987 г. экстремальная ситуация отразилась и на режиме работы самой крупной в регионе Ингурской ГЭС. В результате массового схода гигантских лавин на горных реках произошло образование многочисленных подпруд из поваленных деревьев. Это привело к заметному снижению уровня водохранилища в зимний период. С началом весеннего снеготаяния горные реки вынесли в водохранилище много уничтоженного лавинами леса. Потребовались значительные усилия по извлечению из водохранилища деревьев, чтобы не допустить их сближения с плотиной.

В марте–апреле 1987 г. была организована правительственная комиссия по оценке масштабов стихийного бедствия и возможных размеров предстоящего весеннего паводка, в состав которой входили специалисты Академии наук СССР [17]. По итогам работы комиссии было принято решение о проведении аэрофотосъёмки для всей территории Западного и Центрального Кавказа с целью получения реальной картины снеголавинных событий в регионе.

Летом 1987 г. Институтом географии АН СССР и Институтом географии АН КазССР была организована совместная экспедиция по изучению катастрофических последствий зимы 1986/87 г. под научным руководством И.В. Северского. Один из авторов данной статьи, который был в то время сотрудником Института географии АН СССР, участвовал в экспедиции 1987 г. В её задачи входило измерение и картографирование: параметров сошедших лавин, границ лавиносборов, зон транзита, аккумуляции и воздей-

Таблица 5. Оценка зим лавинного максимума  $L_{\max}$  на ключевых участках наблюдений на Западном и Центральном Кавказе по методу типизации зим (1962–2016 гг.) (обозначения типов зим см. табл. 1)\*

Годы	Типы зим		Годы	Типы зим		Годы	Типы зим
	Тер-скол	Ар-хыз		Тер-скол	Архыз		
1962/63	4А	4А	1980/81	3А	3А	1998/99	3А
1963/64	2В	2В	1981/82	3В	3Б	1999/00	3В
1964/65	2В	1В	1982/83	1В	2В	2000/01	2А
1965/66	3А	3А	1983/84	2Б	3А	2001/02	4Б
1966/67	2Б	3В	1984/85	1Г	2В	2002/03	2Г
<b>1967/68</b>	<b>4В</b>	<b>4В</b>	1985/86	1Б	2А	2003/04	3Б
1968/69	1Б	1В	<b>1986/87</b>	<b>4В</b>	<b>4Б</b>	2004/05	3В
1969/70	3А	3А	1987/88	2Б	3Б	2005/06	4Б
1970/71	3Б	2Б	1988/89	–	Метеостанция закрыта	2006/07	3В
1971/72	2Г	2Г	1989/90	3В		<b>2007/08</b>	<b>3Г</b>
1972/73	2В	2В	1990/91	2Б		2008/09	3Б
1973/74	2В	1В	1991/92	–		2009/10	4А
1974/75	2В	2В	<b>1992/93</b>	<b>3Г</b>		2010/11	1А
<b>1975/76</b>	<b>3Г</b>	<b>3Г</b>	1993/94	2В		2011/12	1Г
1976/77	2Б	2Б	1994/95	2Б		2012/13	3А
1977/78	2Б	2Б	1995/96	3Б		2013/14	1А
1978/79	3Б	4А	1996/97	4В		2014/15	2А
1979/80	2Б	1Б	1997/98	1Б		2015/16	2А

\*Зимы с сильной лавинной опасностью выделены жирным шрифтом. Прочерки – нет данных.

ствия снеговоздушной волны, а также траекторий движения лавин. В ходе экспедиции были обследованы участки четырёх перевальных дорог через Главный Кавказский хребет: Военно-Грузинской (Крестовый перевал); Военно-Осетинской (Мамисонский перевал); Военно-Сухумской (Клухорский перевал); Транскавказской магистрали (Рокский перевал). В Западной Грузии были обследованы бассейны крупных рек с их притоками – р. Риони, р. Ингури (реки Ненскра, Накра, Долра, Местиачала, Мулхура), р. Мзымта, р. Бзыбь (р. Авадхара), р. Кодори (реки Гвандра, Клыч, Клухор); в Восточной Грузии – верховья Алазанской долины с её боковыми притоками р. Ламазури и р. Хороджос-Цкали.

По всему маршруту экспедиции в местах массового поражения лесных массивов лавинами были выполнены дендрохронологические измерения для определения возраста ранее сошедших особо крупных лавин. Всего сделали 111 измерений на 74 древесных спилах [16]. Анализ дендро-

хронологических данных показал, что на территории Сванетии зимы с катастрофическим типом лавинообразования (до начала регулярных снеговалинных наблюдений) были в 1931/32, 1953/54, 1962/63 гг. [16]. В ходе экспедиции изучали и описывали необычные черты в поведении снежных лавин. В 1986/87 г. широкое распространение получили такие явления, как лавины бассейнового типа, прыгающие «струйные» лавины из ледниковых каров, лавинные «заплески», лавины «заторможенного» типа [16]. На современном этапе описанные особенности лавинообразования не всегда поддаются инженерным расчётам и воспроизводятся в математических моделях движения лавин.

На Восточном Кавказе общая картина лавинной опасности имеет иной характер из-за более сухого и континентального климата. Зимы этого региона отличаются меньшей снежностью и лавинной опасностью. За период инструментальных наблюдений здесь также отмечены сезоны с массовым обрушением особо крупных лавин. По свидетельству авторов исследования [18], особенно суровой, давшей большое число крупных лавин была зима 1971/72 г.

Проведённый обзор зим экстремального лавинообразования на Большом Кавказе не претендует на исчерпывающую полноту. В тематических сборниках Ростовской гидрометеорологической обсерватории, Высокогорного геофизического института, Закавказского гидрометеорологического института, а также в других источниках информации наверняка содержатся сведения, дополняющие приведённый здесь материал. Однако маловероятно, что там будут сведения о других зимах, претендующих на роль  $L_{\max}$ .

Трудности количественного учёта снежных лавин на обширной горной территории при оценке  $L_{\max}$  во многом обусловлены дискретной природой рассматриваемого явления. В настоящее время такую оценку можно было бы выполнить на основе космических снимков, но по объективным причинам она также будет содержать существенную погрешность. Впрочем, решать такую задачу на современном этапе нет необходимости. В настоящее время для оценки лавинной опасности зим целесообразно использовать косвенные методы. Так, представляют интерес результаты типизации зим Большого Кавказа по данным сетевых метеостанций. В отличие от «точечных» натуральных наблюдений за лавинами результаты типизации

характеризуют «поле» условий лавинообразования и дают представление о площади распространения и потенциальной интенсивности природного явления. Как было установлено для ключевых участков наблюдений, метод типизации указывает на два типа зим — 4В и 3Г, при которых складываются наиболее благоприятные условия для схода особо крупных лавин. С целью выявления таких условий на обширной горной территории (по данным 41 метеостанции) были установлены пороговые значения по числу станций с типами 4В и 3Г. Считалось, что обрушение катастрофических лавин примет характер стихийного бедствия, если типы 4В и 3Г наблюдались на 50% станций и более в разных секторах Кавказа. Расчёты показали, что для второй половины XX в. на Западном и Центральном Кавказе таких зим пять: 1953/54 (66%), 1955/56 (53%), 1967/68 (74%), 1975/76 (70%), 1986/87 (более 80%); на Восточном — шесть: 1941/42 (63%), 1944/45 (50%), 1949/50 (56%), 1953/54 (50%), 1955/56 (50%), 1971/72 (85%) [4, 16]. Отметим, что в 1986/87 г. в ходе интенсивных январских снегопадов более половины из анализируемых метеостанций оказались заблокированы снегом и были закрыты. При подсчёте они были включены в число станций с критическими условиями лавинообразования, что и определило итоговую цифру более 80%.

На заключительном этапе исследований проведена типизация зим северного макросклона Большого Кавказа за 1995–2016 гг. Этот период характеризуется доминированием зим слабой и средней лавинной опасности и серией аномально тёплых зим с индексом А (табл. 6). Исключение составляет зима 2007/08 г., в ходе которой на ряде метеостанций (Терскол, Клухорский перевал, Теберда, Рокский тоннель) был отмечен тип 3Г — аномально холодной и снежной зимы. В этих районах прошли интенсивные снегопады, которые сопровождались сходом крупных лавин и блокированием транспортных магистралей.

## Заключение

Результаты выполненных исследований показывают, что метод типизации зим представляет собой своеобразный «фильтр», который позволяет по стандартной метеорологической информации определять сезоны, претендующие на роль

Таблица 6. Типы зим по соотношению температуры воздуха и осадков за холодный период на северном макросклоне Большого Кавказа (1995–2016 гг.) (обозначения типов зим см. в табл. 1)\*

Годы	Клухорский перевал	Теберда	Красная Поляна	Терскол	Шаджат-маз	Сулак высокогорный	Гуниб
1995/96	2Б	1Б	2Б	3Б	2Б	1Б	1Б
1996/97	3В	4Б	4Б	3В	1В	2В	2Б
1997/98	1В	2В	3В	2Б	2Б	2Б	3Б
<b>1998/99</b>	3А	2А	3А	4А	2А	1А	2А
1999/00	3В	3Б	2Б	4В	2В	2Б	4Б
2000/01	—	—	2Б	2Б	1А	—	—
2001/02	3Б	2Б	4Б	4А	4Б	4А	4А
2002/03	2Г	1В	2В	2В	2В	1В	2В
2003/04	3Б	2Б	2Б	4Б	4Б	4Б	4А
2004/05	3В	1В	2В	4В	4В	3В	3В
2005/06	3Б	3Б	3Б	4Б	3Б	2А	3Б
2006/07	2В	2Б	2В	3В	4В	3В	3Б
2007/08	3Г	3Г	2Г	3Г	3В	3Б	2Б
2008/09	3В	3Б	2А	3Б	4Б	2Б	3А
<b>2009/10</b>	4А	4А	4А	4А	3А	4А	3А
<b>2010/11</b>	2А	—	2А	2А	2А	—	—
2011/12	1Г		2В	2Г	2Г	1Г	
<b>2012/13</b>	3А		2А	3А	4А	3А	
<b>2013/14</b>	2Б		2Б	2А	2А	1А	
<b>2014/15</b>	1Б		2А	2А	—	3А	
2015/16	—		3Б	2Б	—	—	
2016/17	—		—	1Г	—	—	

\*Годы с особенно тёплыми зимами выделены жирным шрифтом, с особенно холодными – курсивом. Прочерки – нет данных.

зим с экстремальным лавинообразованием  $L_{\max}$ . За исследуемый период на его основе выявлены те же зимы экстремального лавинообразования, что и по результатам прямых наблюдений за сходом снежных лавин. На северном макросклоне Западного и Центрального Кавказа это – 1967/68 и 1975/76 гг.; на южном – 1986/87 г.; на Восточном Кавказе – 1971/72 г. Установлены различия в перечне экстремально-лавинных зим между долготными секторами Большого Кавказа, которые объясняются климатическими причинами. Несмотря на эти различия, в истории региона наблюдались и общие для всего Кавказа суровые зимы – 1953/54 и 1955/56 гг.

Выделены типологические черты зим экстремального лавинообразования  $L_{\max}$ , свойственные региону Большого Кавказа.

1. *Аномально высокая снежность.* В тёплых условиях современного климата толщина снежного покрова определяется соотношением температуры воздуха и осадков холодного периода. Как показывают наблюдения, аномально снежные зимы в современных условиях формируются по двум разным сценариям: а) при осадках вблизи нормы и стабильно низких температурах воздуха; б) при избыточном увлажнении в широком диапазоне температур холодного периода. На северном макросклоне Западного и Центрального Кавказа зимы экстремального лавинообразования (1967/68 и 1975/76 гг.) сформированы по первому сценарию; на южном макросклоне (1986/87 г.) – по второму.

2. *Объёмы снежных лавин.* Объёмы лавин могут достигать нескольких миллионов кубических метров при длине лавинного пробега 5–8 км.

3. *Размеры территории, охваченной катастрофическим лавинообразованием.* Зимы экстремального лавинообразования – следствие обширных гидрометеорологических аномалий, протяжённость которых может достигать сотен и тысяч километров. В зоне их воздействия оказываются не только высокогорные районы, но и освоенные территории средне- и низкогогорья, что многократно увеличивает размер наносимого ущерба.

4. *Фаза зимнего периода, на который приходится массовый сход особо крупных лавин.* На Большом Кавказе зимы экстремального лавинообразования как по десятилетиям, так и за весь период наблюдений приурочены к самой холодной фазе зимнего сезона: концу декабря – январю. Это время выпадения «холодных» снегопадов. В отличие от «умеренных» и «тёплых» снегопадов им свойственны высокие приросты сухого слабосвязного снега – более 1 м/сут и 2–3 м за снегопад. В условиях избыточного снегонакопления соседние лавиносоры нередко объединяются в единый очаг, из которого происходит обрушение гигантских лавин с неожиданными траекториями движения. В подобных случаях в зоне лавинного поражения оказываются строения и участки территории, которые не затрагивались лавинами на протяжении десятков, а иногда сотен лет.

Полученная шкала зим экстремального лавинообразования показывает, что на Большом Кавказе первые два десятилетия XXI в. представляли гораздо меньшую лавинную угрозу по срав-

нению с зимами второй половины XX в. Именно в период уменьшения лавинной опасности на Кавказе начался новый этап интенсивного рекреационного освоения. Так, в Приэльбрусье (Центральный Кавказ) в начале 2000-х годов было построено немало частных туристических гостиниц и пансионатов, которые находятся в зоне поражения редко действующих лавин. Несмотря на наметившуюся в последнее время тенденцию снижения лавинной опасности, вполне вероятен сценарий возврата единичных суровых зим, когда возведённые объекты окажутся под угрозой разрушения снежными лавинами. На территории крупного горного региона или горной страны зимы экстремального лавинообразования не фиксированные. На смену им могут прийти другие зимы с ещё более разрушительными последствиями, которые внесут коррек-

тивы в результаты проведённых исследований и послужат сравнительной базой для новых географических оценок.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность участникам экспедиции КазНИГМИ в 1987 г. в Грузии, при участии и поддержке которых был собран уникальный материал о катастрофических лавинах зимы 1986/87 г. на Большом Кавказе. Работа выполнена при поддержке РФФИ по проекту № 20-05-00280 а.

**Acknowledgments.** The authors are grateful to the participants of the KazNIGMI expedition in Georgia in 1987, with the support of which unique material was collected on the catastrophic avalanches of the winter of 1986/87 in the Greater Caucasus. This work was supported by RFBR project № 20-05-00280 a.

## Литература

1. Кадастр лавин СССР: Европейская часть СССР. Кавказ. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 132 с.
2. Олейников А.Д. Зависимость лавинной деятельности от типов зим (на примере Большого Кавказа): Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М.: Ин-т географии АН СССР, 1985. 27 с.
3. Золотарев Е.А. Изучение снега и лавин в Приэльбрусье фотограмметрическим методом // Лавины Приэльбрусья. М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 47–62.
4. Олейников А.Д., Володичева Н.А., Бояршинов А.В. Снежность зим и лавинная деятельность на Большом Кавказе за период инструментальных наблюдений // МГИ. 2000. Вып. 88. С. 74–83.
5. Володичева Н.А., Олейников А.Д. Анализ условий снежности и лавинной деятельности Архызского района за последние 47 лет (Западный Кавказ) // Тр. ВГИ. 1984. № 52. С. 110–117.
6. Абдушелишвили К.Л., Калдани Л.А., Салуквадзе М.Е. Катастрофические лавины на территории Грузии. // Тр. ЗакНИГМИ. 1979. Вып. 68 (74). С. 94–105.
7. Дзюба В.В., Золотарев Е.А. Катастрофические лавины в Сванетии зимой 1975/76 г. // МГИ. 1979. Вып. 36. С. 229–234.
8. Залиханов М.Ч. Снежно-лавинный режим и перспективы освоения гор Большого Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1981. 376 с.
9. Папинашвили Л.К. Аномально снежная зима 1975/76 г. в Грузии. // Тр. ЗакНИГМИ. 1982. Вып. 75 (81). С. 69–74.

## References

1. *Kadastr lavin SSSR. Evropeyskaya chast' SSSR. Kavkaz.* Cadastre of avalanches in the USSR. European part of the USSR, Caucasus. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1986: 132 p. [In Russian].
2. *Oleynikov A.D.* Dependence of avalanche activity on types of winters (by the example of the Greater Caucasus). PhD-thesis. Moscow: Institute of Geography, USSR Academy of Sciences, 1985: 27 p. [In Russian].
3. *Zolotarev E.A.* Research of snow and snow avalanches in the Elbrus Region by photogrammetry. *Snezhnyye laviny Priel'brus'ya.* Snow avalanches in the Elbrus Region. Moscow: MSU, 1980: 47–62. [In Russian].
4. *Oleynikov A.D., Volodicheva N.A., Boyarshinov A.V.* Winter snowfall and avalanche activity in the Greater Caucasus during the period of instrumental observations. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy.* Data of Glaciological Studies. 2000, 88: 74–83. [In Russian].
5. *Volodicheva N.A., Oleynikov A.D.* Analysis of snow conditions and avalanche activity in the Arkhyz region over the past 47 years (Western Caucasus). *Trudy VGI.* Proc. of the VGI. 1984, 52: 110–117. [In Russian].
6. *Abdushelishvili K.L., Kaldani L.A., Salukvadze M.E.* Catastrophic avalanches in Georgia. *Trudy ZakNIGMI.* Proc. of the ZakNIGMI. 1979, 68 (74): 94–105. [In Russian].
7. *Dzyuba V.V., Zolotarev E.A.* Catastrophic avalanches in Svaneti in the winter of 1975/76. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy.* Data of Glaciological Studies. 1979, 36: 229–234. [In Russian].
8. *Zalikhonov M.Ch.* *Snego-lavinniy regim i perspektivy osvoeniya gor Bolshogo Kavkaza.* The snow-avalanche regime and prospects for the development of the Greater Caucasus Mountains. Rostov-on-Don: Publishing House of the Rostov University, 1981: 376 p. [In Russian].
9. *Papinashvili L.K.* Abnormally snowy winter of 1975/76 in Georgia. *Trudy ZakNIGMI.* Proc. of the ZakNIGMI. 1982, 75 (81): 69–74. [In Russian].

10. Трошкина Е.С., Урумбаев Н.А. Редкодействующие катастрофические лавины // Лавины Приэльбрусья. М.: Изд-во МГУ, 1980. С. 41–47.
11. Салуквадзе М.Е. Характеристика снегопадов при массовом сходе снежных лавин на территории Грузии // Тр. ЗакНИГМИ. 1982. Вып. 77 (83). С. 68–72.
12. Цомаея В.Ш., Уклеба К.К. Снежные отложения в интенсивно осваиваемом для народного хозяйства высокогорном районе южного склона центральной части Кавказского хребта // Тр. ЗакНИГМИ. 1980. Вып. 72 (78). С. 83–98.
13. Тушинский Г.К., Дзюба В.В., Золотарев Е.А. Кроны деревьев как поверхность скольжения снежных лавин. // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1978. № 2. С. 92–96.
14. Сванидзе Г.Г., Абдушелишвили К.Л., Калдани Л.А., Папинашвили Л.К., Салуквадзе М.Е., Цомаея В.Ш. Особенности формирования стихийных явлений в Грузии в 1987 г. // МГИ. 1989. Вып. 66. С. 60–65.
15. Володичева Н.А., Золотарев Е.А., Ефремов И.Ю., Миронова Е.М., Олейников А.Д. Применение численного моделирования для описания движения снежных лавин. // МГИ. 1990. Вып. 69. С. 19–23.
16. 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.
17. Ходаков В.Г., Меншутин В.М., Локтионова Е.М., Супруненко Ю.П., Гордейчик А.В., Пиния Г.Г., Пицхелаури З.Д. Особенности формирования и распределения снегозапасов Большого Кавказа в аномально снежную зиму 1986/87 г. // МГИ. 1988. Вып. 64. С. 13–19.
18. Эйюбов А.Д., Агаев Ш.М. Экстремально обильный снегопад в Азербайджане в январе 1972 г. // Тр. ЗакНИГМИ. 1974. Вып. 58 (64). С. 291–294.
10. Troshkina E.S., Urumbaev N.A. Rarely catastrophic avalanches. *Laviny Prielbrusiyu*. Avalanches in the Elbrus Region. Moscow: MSU, 1980: 41–47. [In Russian].
11. Salukvadze M.E. Characteristics of snowfalls during mass avalanches in Georgia. *Trudy ZakNIGMI*. Proc. of the ZakNIGMI. 1982, 77 (83): 68–72. [In Russian].
12. Tsomaya V.Sh., Ukleba K.K. Snow deposits in the high mountain region of the southern slope of the central part of the Caucasus Range which is being intensively developed for the national economy. *Trudy ZakNIGMI*. Proc. of the ZakNIGMI. 1980, 72 (78): 83–98. [In Russian].
13. Tushinsky G.K., Dzyuba V.V., Zolotarev E.A. Crowns of trees as a sliding surface of snow avalanches. *Vestnik MGU. Seriya 5. Geografiya*. Bulletin of MSU. Series 5. Geography. 1978, 2: 92–96. [In Russian].
14. Svanidze G.G., Abdushelishvili K.L., Kaldani L.A., Papinashvili L.K. Salukvadze M.E., Tsomaya V.Sh. Features of the formation of natural phenomena in Georgia in 1987. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 1989, 66: 60–65. [In Russian].
15. Volodicheva N.A., Zolotarev E.A., Efremov I.U., Mironova E.M., Oleynikov A.D. The application of numerical simulation for the description of snow avalanches motion. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 1990, 69: 19–23. [In Russian].
16. Oleynikov A.D., Volodicheva N.A. The recurrence of snowy winters and avalanche disasters at the Greater Caucasus in the twentieth century. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 2001, 91: 87–95. [In Russian].
17. Khodakov V.G., Menshutin V.M., Loktionova E.M., Suprunenko Yu.P., Gordeychik A.V., Piniya G.G., Pitskhelauri Z.D. Features of the formation and distribution of snow reserves in the Greater Caucasus during the abnormally snowy winter of 1986/87. *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. Data of Glaciological Studies. 1988, 64: 13–19. [In Russian].
18. Eiyubov A.D., Agaev Sh.M. Extremely heavy snowfall in Azerbaijan in January 1972. *Trudy ZakNIGMI*. Proc. of the ZakNIGMI. 1974, 58 (64): 291–294. [In Russian].