

**ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ
ЛАНДШАФТОВ/PHYSICAL GEOGRAPHY AND BIOGEOGRAPHY, SOIL GEOGRAPHY AND LANDSCAPE
GEOCHEMISTRY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.122>

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СНЕЖНЫХ ЛАВИН НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕДНИКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ
ЗЕМЕГОНДОН И КОЗИДОН**

Научная статья

Кондратьева Н.В.^{1,*}, Аджиев А.Х.²

¹ORCID : 0000-0001-7313-4489;

^{1,2} Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (kondratyeva_nat[at]mail.ru)

Аннотация

Ледниковые комплексы Земегондон и Козидон (Центральный Кавказ, территория республики Северная Осетия – Алания) граничат с создаваемым Всесезонным туристско-рекреационным комплексом (ВТРК) «Мамисон» и обладают значительным потенциалом для круглогодичного использования для горнолыжных катаний. В работе представлены результаты оценки лавинной опасности в районе ледниковых комплексов Земегондон и Козидон.

Оценка лавинной опасности была выполнена на основе обработки и анализа: архивных материалов изысканий и исследований условий развития опасных процессов на исследуемой и прилегающей территории; результатов полевых исследований склоновых процессов с участием авторов; дешифрирования космоснимков, полученных в результате ежегодных съемок в период максимального снеготаяния с 2000 г. по 2022 г.

Показано, что в целом пораженность территории исследований снежными лавинами можно оценить как исключительную. Общая площадь с лавинной активностью составила 1049,7 га. Всего выявлено в приледниковой зоне рр. Козидон и Земегондон 48 лавиносборов. В пределах приледниковой территории в бассейне Козидон выделены 27 лавиносбора, в бассейне Земегондон выделен 21 лавиносбор, из них 7 в бассейне Дзуарикомдон (правый приток реки Земегондон) и 4 в бассейне Хицанштандон (правый приток реки Земегондон). Построена карта лавинной опасности в районе ледниковых комплексов Земегондон и Козидон.

Ключевые слова: склоновые процессы, лавины, осадки, снежный покров, лавиносбор, лавинный очаг.

**CONDITIONS OF SNOW AVALANCHE FORMATION IN THE TERRITORY OF THE ZEMYEGONDON AND
KOZIDON GLACIER COMPLEXES**

Research article

Kondratyeva N.^{1,*}, Adzhiev A.K.²

¹ORCID : 0000-0001-7313-4489;

^{1,2} High Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russian Federation

* Corresponding author (kondratyeva_nat[at]mail.ru)

Abstract

The Zemegondon and Kozidon glacier complexes (Central Caucasus, territory of the Republic of North Ossetia – Alania) border the Mamison all-season tourist and recreational complex (ATRC), which is being created, and have a significant potential for year-round use for skiing. The work presents the results of avalanche hazard evaluation in the area of Zemegondon and Kozidon glacier complexes.

The avalanche hazard evaluation was carried out on the basis of processing and analysing the following: archival materials of surveys and studies of conditions of development of hazardous processes in the surveyed and adjacent territory; results of field studies of slope processes with the participation of the authors; interpretation of space images obtained as a result of annual surveys during the period of maximum snowmelt from 2000 to 2022.

It is shown that, in general, the studied area affected by snow avalanches can be assessed as exceptional. The total area with avalanche activity was 1049.7 ha. A total of 48 avalanche sites were identified in the glacial zone of the Kozidon and Zemegondon rivers. Within the glacial area 27 avalanche sites were identified in the Kozidon basin, 21 avalanche sites were identified in the Zemegondon basin, including 7 in the Dzuarikomdon basin (right tributary of the Zemegondon River) and 4 in the Khitsanstandon basin (right tributary of the Zemegondon River). A map of avalanche danger in the area of the Zemegondon and Kozidon glacier complexes was constructed.

Keywords: slope processes, avalanches, precipitation, snow cover, avalanche catchment, avalanche site.

Введение

В связи с развитием горноклиматических курортов на Северном Кавказе в Республике Северная Осетия – Алания (РСО-А) в ущелье Мамисон (основная река ущелья Мамихдон, левая составляющая р. Ардон, а истоки Козидон и Земегондон) идет активная планировка «Всесезонного туристско-рекреационного комплекса с аналогичным названием (ВТРК «Мамисон»). На рисунке 1, на ортофотоплане (2020г.) показано местоположение территории горнолыжного курорта «Мамисон» и ледниковые комплексы Земегондон и Козидон.

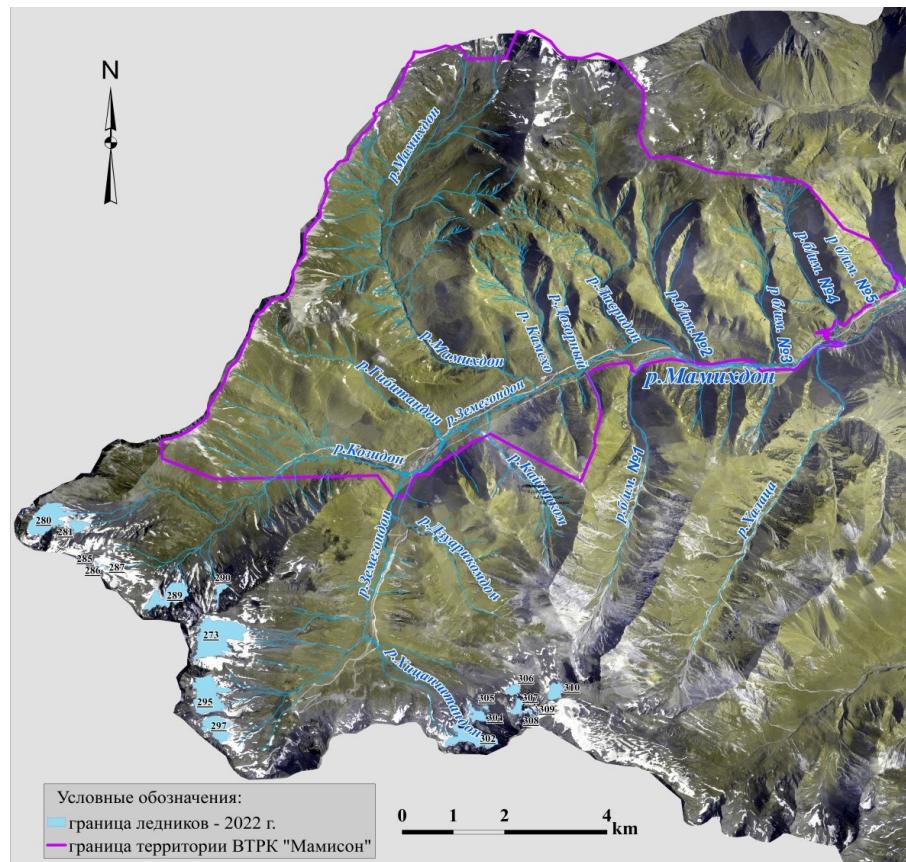


Рисунок 1 - Граница территории горнолыжного курорта «Мамисон» и местоположение ледниковых комплексов
Земегондон и Козидон
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRI.2024.149.122.1>

Как видно из рисунка, рассматриваемые ледники граничат с комплексом ВТРК «Мамисон» и в дальнейшем их планируют использовать для увеличения продолжительности сезона горнолыжного катания, который должны обеспечить большая высота над уровнем моря и ледники.

В верховых бассейнов Козидон и Земегондон присутствуют ледники различных типов и параметров, а также ледниковые озёра.

Одним из экзогенных факторов климатического характера, которые в дальнейшем могут угрожать туристам и будущей инфраструктуре курорта, лавины, угроза схода которых может продолжаться с октября до середины мая. Разовые выбросы лавинной массы по многолетним данным достигают 150 тыс.м³. В работе представлены результаты исследования лавинообразующих факторов в приледниковых зонах Земегондон и Козидон.

Методы и принципы исследования

Оценка лавинной опасности выполнена на основе обработки и анализа:

- материалов изысканий и исследований прошлых лет об условиях развития опасных процессов на исследуемой и прилегающей территории;
 - результатов маршрутных наблюдений;
 - дешифрирования космоснимков, полученных в результате ежегодных съемок в период максимального снеготаяния с 2000 г. по 2022 г.

В работе использованы космические снимки исследуемого участка с интернет-ресурсов «Google Earth», «Яндекс», «ArcGIS», «Bing», «Nokia», «Роскосмос», «НАСА». Космические снимки обрабатывались при помощи программ «Global Mapper» и «ArcGIS». В основном для оценки параметров сошедших лавин использовались снимки из каталогов, снятые в различные периоды в 2005, 2013, 2014, 2015 и 2021 гг. Лавинный режим территории исследования недостаточно изучен. Тем не менее, можно утверждать, исследуемая и прилегающая территория в большой степени подвержена лавинным процессам. Об этом также свидетельствуют информации из ряда публикаций [1], [2], [3], [4]. Важным инструментом для исследования лавин являются космические технологии. Для малоизученных территорий космоснимки позволяют более точно определять распределение и параметры таких форм рельефа как лавиносыбры. Лавиносыбры – лавиноактивные участки, в пределах которых возможно формирование лавин с непрерывной линией отрыва (которую видно на космоснимке) и образующих единый лавинный поток. Лавиносыбр – участок склона и его подножия, в пределах которого лавины возникают, движутся и останавливаются. Лавинный очаг является зоной зарождения лавин, снизу нему примыкают зона транзита и зона выката лавин (зона отложения), образуя вместе лавиносыбр.

Интенсивное развитие компьютерных и информационных технологий позволили создать различные программные обеспечения, которые позволяют решать различные физико-географические задачи в соответствии с современными требованиями.

Для определения морфометрических и физико-географических характеристик в данной работе использовалась ГИС-программа ArcGis, версия 10.8.2 [5], [6].

В общем виде роль ГИС-технологий в лавинных исследованиях сводится к синтезу знаний о рельефе с целью определения мест схода снежных лавин. Для этого в среде ГИС нами решались следующие задачи:

1. Используя космоснимки территории изысканий (в данной работе район ледниковых и приледниковых комплексов), определялись участки склонов со следами схода лавин.

2. На основе векторной топоосновы (горизонтали высот) (М 1: 5000) и векторного слоя водотоков, рассматриваемой местности, строился растер высот (рисунок 2), на основе которого создавались растры средних уклонов (рисунок 3) и экспозиции склонов территории изысканий (рисунок 4).

Растер средних уклонов позволяет определить зоны зарождения лавин (лавинные очаги): согласно [7], лавины образуются при углах наклона склона от 25°С до 60°С; от 0°С до 20°С – территории, на которых зарождение лавин невозможно, а в случае расположения их под склонами, на которых возможно образование лавин, это территории, на которых располагаются зоны отложения лавин; 20°-25° – склоны, на которых вероятность образования лавин крайне низка; более 60° – склоны, на которых снег не удерживается. Таким образом, на растре уклонов выделялись участки с наиболее благоприятными условиями для возникновения лавин (25° -60°) – лавинные очаги.

3. Далее определялись границы лавиносбора. Для оконтуривания лавиносбора, использовалась векторная топооснова и полученный растер средних уклонов. Верхняя граница определяется по линии привершинного гребня, боковые границы проходят по гребням, разделяющим отрицательные формы рельефа, нижнюю границу лавиносбора (подножие склона) определяют, с учетом построенного растра уклонов, как участок под склоном, где углы от 0° до 20°.

После создания границ лавиносборов корректировались участки зарождения лавин в пределах лавиносборов.

Также в ходе проведения маршрутных обследований и дешифрирования космоснимков фиксировались следы схода снежных лавин в различные периоды года. Выявлялись зоны зарождения лавин, участки их транзита и формы их аккумуляции (конуса выноса). По методикам представленных в работах [8], [9], [10], [11] оценивались линейные размеры лавиносборов: дальность выброса, высота фронта, площадь очага и другие характеристики.

Особенности распространения лавин на территории ледниковых комплексов Земегондон и Козидон

На территории ледниковых комплексов бассейнов Земегондон и Козидон выявлено 48 лавиносборов лоткового и осовного типа, с общей площадью зон зарождения лавин (лавинные очаги) 6,2 км². Указанные лавиносборы приурочены к высотам от 3050 до 3922 м н.у.м. Средний угол лавинных очагов варьирует от 26° до 58°, средний угол лавиносборов меняется от 21° до 41° (таблица 1).

По методике, предложенной в работе [7], были рассчитаны объемы возможных лавин и другие динамические лавинные характеристики. Расчетные объемы лавин варьируются от 0,15 тыс. м³ до 50 тыс. м³. Максимальная дальность выброса лавин лежит в интервале от 120 м до 2270 м.

В питании ледников большая роль принадлежит снежным лавинам, поскольку почти всегда ледники расположены в местах, благоприятных для скопления снега, а именно в карах, цирках, узких долинах. Особенностью лавинного питания является то, что в большинстве случаев лавины сходят в конце периода аккумуляции снега, когда наблюдается максимальное снегонакопление в лавиносборах.

Ледник Козидон является истоком р. Козидон. В верховьях карового ледника Козидон, (№ 280 по [12]), сход снежных лавин может наблюдаться в течение всего года. Всего в приледниковой зоне ледника Козидон (в границах ледника 2022 г.) выявлено 18 лавиносборов и еще 9 лавиносборов в приледниковой зоне ледников №№ 285, 286, 287, 289, которые расположены в верховьях правого притока р. Козидон.

Согласно проведенным исследованиям, очагов формирования лавин на самом леднике Козидон нет. Однако большая часть ледника является зоной отложения снежных лавин с прилегающими к леднику склонами. В зимнее время сухие лавины накрывают ледник на большой площади. В весенне время наблюдается сход мокрых лавин.

Ледник Земегондон (№ 273 по [12]) расположен в верховьях одноименной реки, морфометрически является цирком.

В приледниковой зоне данного ледника выявлено 4 лавиносбора. Остальные 6 лавиносборов приурочены к ледникам №№ 295, 297, 302, 304, 305, 307, 308, 309, 310, которые являются истоками правых притоков р. Земегондон рр. Хицанштандон, Дзуарикомдон.

Процесс лавинообразования согласно, проведенных исследований, здесь происходит до конца июня.

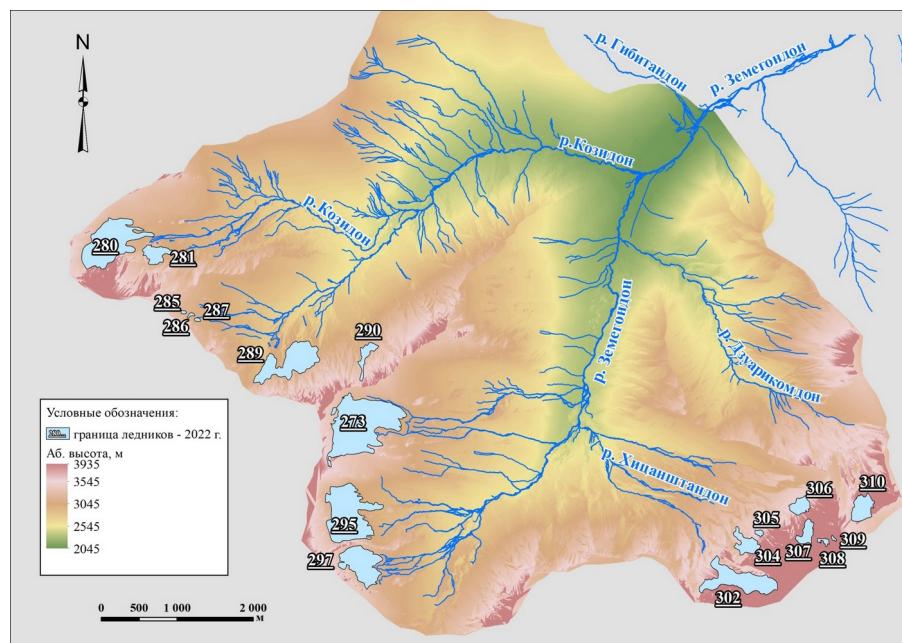


Рисунок 2 - Высотная карта территории ледниковых комплексов Мамисонского ущелья
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.122.2>

Примечание: нумерация ледников дана по ист. [12]; 280 номер ледника «Козидон», 273 номер ледника «Земегондон»

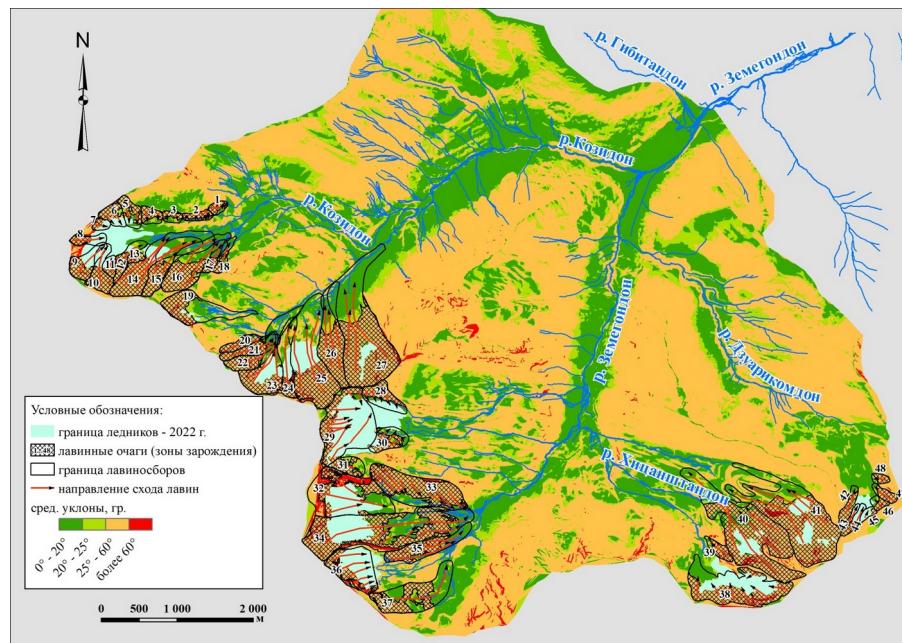


Рисунок 3 - Карта средних уклонов территории ледниковых комплексов Мамисонского ущелья с лавиносборами и лавинными очагами
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.122.3>

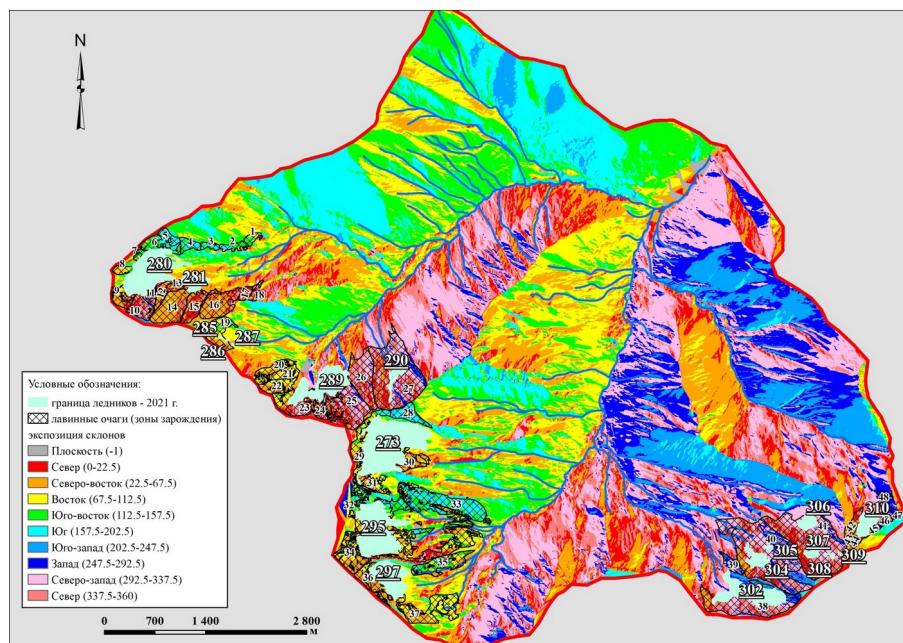


Рисунок 4 - Карта экспозиции территории ледниковых комплексов Мамисонского ущелья с лавинными очагами
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.122.4>

Таблица 1 - Параметры лавиносборов / лавинных очагов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.122.5>

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавиносбор/лав.очаг)		Площадь, га (лавиносбор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавиносбор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м	Превышен ие, м (лавиносбо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавиносбор/лав.очаг)		Дальность выброса лавины, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Бассейн реки Козидон											
1	30486	22515	3	2,3	2883	2882	3050	167	29	56	190
2	38228	32091	3,8	3,2	2944	2945	3116	158	22	36	120

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавинособор/лав.очаг)		Площадь, га (лавинособор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавинособор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м	Превышен ие, м (лавинособо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавинособор/лав.очаг)		
3	29852	21243	3	2,1	3050	3051	3173	112	22	47	150
4	50636	38936	5,1	3,9	3092	3100	3255	161	21	36	180
5	82717	53687	8,3	5,4	3118	3119	3379	258	25	39	410
6	73355	48570	7,3	4,9	3156	3180	3384	236	27	59	300
7	28038	16247	2,8	1,6	3193	3200	3330	145	34	55	200

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавиносбор/лав.очаг)		Площадь, га (лавиносбор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавиносбор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м	Превышен ие, м (лавиносбо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавиносбор/лав.очаг)		
8	62653	28823	6,3	2,9	3214	3247	3546	333	36	49	500
9	125640	59137	12,6	5,9	3218	3297	3520	316	29	41	610
10	115566	79743	11,6	8	3214	3290	3683	471	29	45	630
11	37757	29354	3,8	2,9	3236	3237	3518	280	41	48	280
12	62376	44996	6,2	4,5	3095	3154	3562	467	34	55	710

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавинособор/лав.очаг)		Площадь, га (лавинособор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавинособор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м	Превышен ие, м (лавинособо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавинособор/лав.очаг)		
13	40941	24403	4,1	2,4	3092	3135	3349	245	31	55	250
14	397470	172626	39,7	17,3	2925	3140	3679	749	24	60	1430
15	225941	87501	22,6	8,8	2950	3097	3493	544	25	51	960
16	304969	152632	30,5	15,3	2896	2970	3377	481	22	47	1050
17	51992	24085	5,2	2,4	2903	2947	3105	202	22	52	410

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавиносбор/лав.очаг)		Площадь, га (лавиносбор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавиносбор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м	Превышен ие, м (лавиносбо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавиносбор/лав.очаг)		
18	56485	25335	5,6	2,5	2875	2925	3103	228	22	43	430
19	240433	126681	24	12,7	2835	3097	3428	590	24	52	1280
20	96669	54756	9,7	5,5	2780	2799	3240	462	31	62	810
21	102896	70173	10,3	7	2780	2780	3244	459	32	59	770
22	135127	74291	13,5	7,4	2779	2806	3206	426	27	56	840

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавинособор/лав.очаг)		Площадь, га (лавинособор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавинособор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м	Превышен ие, м (лавинособо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавинособор/лав.очаг)		Дальность выброса лавины, м
23	332331	160315	33,2	16	2661	2842	3188	541	25	55	1300
24	160753	46607	16,1	4,7	2691	2853	3245	586	34	46	980
25	588581	273859	58,9	27,4	2605	2822	3434	829	30	51	1450
26	305553	198103	30,6	19,8	2563	2672	3278	720	27	60	1330
27	871290	546988	87,1	54,7	2466	2607	3355	889	25	60	2010

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавиносбор/лав.очаг)	Площадь, га (лавиносбор/лав.очаг)	Мин. Аб. отметка, м (лавиносбор/лав.очаг)	Мак. Аб. отметка, м	Превышен ие, м (лавиносбо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавиносбор/лав.очаг)	Дальность выброса лавины, м
Бассейн реки Земегондон							
28	126873	75994	12,7	7,6	3065	3079	3353
29	492327	238947	49,2	23,9	3175	3171	3628
30	119063	64617	11,9	6,5	3049	3070	3331
31	83731	51188	8,4	5,1	3240	3236	3589

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавинособор/лав.очаг)		Площадь, га (лавинособор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавинособор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м	Превышен ие, м (лавинособо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавинособор/лав.очаг)		Дальность выброса лавины, м
32	521942	182391	52,2	18,2	2925	2926	3643	715	40	45	1080
33	423887	316655	42,4	31,7	2611	2628	3265	651	29	52	1430
34	861038	465699	86,1	46,6	2605	2637	3700	1095	28	56	2270
35	202452	126144	20,2	12,6	2632	2676	3126	495	23	56	1260
36	278687	121945	27,9	12,2	3150	3149	3573	421	39	48	440

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавиносбор/лав.очаг)		Площадь, га (лавиносбор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавиносбор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м	Превышен ие, м (лавиносбо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавиносбор/лав.очаг)		Дальность выброса лавины, м
37	360921	173070	36,1	17,3	2753	2826	3330	577	25	45	1040
Правый приток реки Земегондон, бассейн реки Хицанштандон											
38	497418	385567	49,7	38,6	3094	3149	3814	715	34	46	800
39	49717	43792	5	4,4	3012	3034	3341	338	39	41	485
40	797643	671395	79,8	67,1	2739	2846	3867	1126	30	42	195 0

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавинособор/лав.очаг)		Площадь, га (лавинособор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавинособор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м		Превышен ие, м (лавинособо ра)		Ср. угол наклона, гр. (лавинособор/лав.очаг)		Дальность выброса лавины, м
41	797541	584743	79,8	58,5	2845	2977	3922	1074	29	55	190	0	
Правый приток реки Земегондон, бассейн реки Дзуарикомдон													
42	51740	50204	5,2	5	3219	3233	3584	344	30	51	550		
43	21142	15612	2,1	1,6	3307	3347	3603	291	34	53	410		
44	39982	30861	4	3,1	3302	3344	3624	310	30	46	500		

Ном ер лав. очаг	Площадь, кв.м (лавиносбор/лав.очаг)		Площадь, га (лавиносбор/лав.очаг)		Мин. Аб. отметка, м (лавиносбор/лав.очаг)		Мак. Аб. отметка, м		Превышен ие, м (лавиносбо ра)	Ср. угол наклона, гр. (лавиносбор/лав.очаг)		Дальность выброса лавины, м
45	24570	16873	2,5	1,7	3306	3316	3420	114	24	43	220	
46	28023	17852	2,8	1,8	3287	3303	3433	146	27	57	185	
47	42371	34934	4,2	3,5	3238	3255	3483	246	31	52	380	
48	25880	20038	2,6	2	3214	3216	3399	185	33	56	250	

Лавиноформирующие факторы

4.1. Осадки

Годовой ход осадков в горной Осетии характеризуется летним максимумом и в отдельных пунктах различается лишь амплитудой. Весной повсеместно выпадает больше осадков, чем осенью (таблица 2). Летние осадки часто (до 40%) выпадают в виде ливней. К другим основным закономерностям распределения атмосферных осадков относятся:

- возрастание (особенно в интервале 1800-2500 н. ур. м.) их количества до высоты 3000 н. ур. м., где оно достигает 1000-1100 мм/год, выше количество осадков уменьшается;

- резкое уменьшение осадков в глубоких ущельях, понижениях, в зонах «дождевой тени» за хребтами, препятствующими облачности (так, на северных склонах их выпадает в 2-3 раза больше, чем на подветренных - южных и восточных);

- уменьшение количества осадков с запада на восток;

- увеличение с ростом абсолютной высоты на склонах Кавказа числа дней с осадками в теплый период: до 800 м – на 4 дня на каждые 100 м подъема, выше – 1 день/100 м. В холодный период связь высоты и числа дней с осадками отсутствует.

Связь осадков с высотой и рельефом хорошо выражена по долине р. Ардон. Средняя продолжительность выпадения осадков за год 1000 часов и более, продолжительность выпадения дневных осадков в осенне-зимний период составляет около 8-10 часов и 2-3 часа – летом. Число дней с осадками 0,1 мм в холодный период в межгорных котловинах составляет около 40 дней. В высокогорной зоне число дней с осадками возрастает до 80. В теплый период наибольшее число дней с осадками (90) отмечается на высотах более 2 км, в предгорных районах – 80 дней, наименьшее количество в межгорных котловинах (40-50).

Таблица 2 - Распределение среднего многолетнего количества осадков по месяцам и высотам

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.122.6>

Месяц	Метеостанция							
	Тамиск	Унал	Бурон	Н. Заромаг	Цей	Калак	Мамисонский перевал	
	Абс. высота, м							
	730	900	1130	1730	1910	2020	2830	
Количества осадков								
I	28	12	31	31	20	42	73	
II	28	11	32	32	54	42	76	
III	47	14	38	39	50	51	81	
IV	76	28	57	59	122	76	82	
V	152	56	89	86	107	119	110	
VI	181	63	76	77	136	103	109	
VII	133	61	70	68	107	93	86	
VIII	95	44	57	60	96	76	85	
IX	85	43	64	63	101	85	77	
X	57	22	51	53	45	68	65	
XI	38	12	38	40	49	51	59	
XII	28	9	32	33	22	42	65	
XIII	169	58	171	175	195	228	354	
IVX	779	317	464	466	714	620	611	
Год	948	375	635	641	909	848	918	

Примечание: РСО-А

Суточный максимум осадков около 30-40 мм отмечается в горных районах практически ежегодно. Повторяемость суточной суммы осадков до 70 мм бывает один раз в 10-15 лет.

4.2. Снежный покров

Общей закономерностью в распределении снежного покрова в долине Мамисон является наличие зон неустойчивого и переменного снежного покрова. Первая из них охватывает предгорья, нижние участки горной территории и межгорные котловины до высот 1500- 1800 м н. ур. м. Здесь продолжительность залегания снега составляет 100-120 дней, а в отдельные годы наблюдаются зимы без устойчивого снежного покрова. Зона переменного

снежного покрова охватывает горные районы с нижней границей на высотах 1500-1800 м н. ур. м., при этом большие высоты – это днища долин и склоны южной и восточной экспозиции, а меньшие – склоны хребтов западной экспозиции. Устойчивый снежный покров по данным многолетних наблюдений сохраняется до середины мая на высотах от 2 200 м и выше.

В целом во всех горных долинах толщина снежного покрова возрастает с увеличением абсолютных высот.

Первый снег в ущелье Мамисон (территория ледниковых комплексов Земегондон и Казидон) выпадает в конце октября, заканчиваются снегопады в конце апреля, все это время создается значительная лавинная опасность [13].

В районе Мамисона количество дней со снегом – от 105 до 140-150, максимальная высота снежного покрова колеблется от 50-60 до 120-140 см [14].

4.3. Характер подстилающей поверхности и её шероховатость

Микрорельеф поверхности, на которую ложится новый снег, имеет существенное значение для величины сцепления снежного пластика с нижележащей толщей, т. е. с подстилающей поверхностью.

Особенности микрорельефа склонов также отражаются на интенсивности процесса перекристаллизации снега и тем самым – на скорости роста лавинной опасности.

В зависимости от микрорельефа при поступлении талой воды на склоны в одних случаях возникает горизонт водяной смазки, а в других вся вода фильтруется в более низкие горизонты.

Как правило, на высотах близких к зарождению лавин подстилающая поверхность может быть каменистой либо иметь растительный покров или сочетание каменистой поверхности и растительного слоя.

Микрорельеф каменистой поверхности зависит от литологического состава, а также от текстуры и характера залегания пород:

- а) литология пород влияет на шероховатость поверхности;
- б) текстура пород влияет на характер отдельностей россыпей;

в) характер залегания горных пород. Несмотря на то, что склоны долин часто имеют одинаковые углы наклона и петрографический состав горных пород, степень лавиноопасности склонов различна, так как один из склонов совпадает с общим наклоном пластов, а другой противолежит общему наклону пластов.

Особенно непрочно снег лежит на отшлифованных ледником скалах (бараньих лбах), причем опасность снежных обвалов значительно возрастает, когда на поверхности гладких скал появляется вода. Даже небольшое количество воды, которая быстро поглотилась бы осыпью, создает здесь смазку, вследствие чего снег с бараньих лбов легко низвергается.

В исследуемом районе развиты горнолуговые торфянистые почвы под низкотравными лугами и пустошами альпийского пояса. Здесь представлены следующие типы и подтипы почв:

- горнолуговые почвы (распространены в верховьях всей территории ВТРК «Мамисон»);
- горнолуговые альпийские почвы (формируются в альпийском поясе на высотах 2500-3300 м, распространены в верховьях всех ущелий ВТРК «Мамисон»);
- горнолуговые субальпийские почвы (формируются на крутых (до 40°) склонах левых бортов Мамисонского ущелья);
- горнолугово-степные почвы (формируются на южных склонах Мамисонского ущелья в пределах высот 1650-1850 м н. у. м.);
- горнолесные почвы хвойных лесов (расположены на правом борту Мамисонского ущелья);
- горнолесо-луговые почвы (расположены всей территории ВТРК «Мамисон», развиты на склонах северных экспозиций на высотах 2100-2500 м над у. м.);

Территория изысканий характеризуется горностепной и нагорно-ксерофитной растительностью. Растительность здесь представлена трагакантниками, тимьянниками и полидоминантными горными степями.

Трагакантники представлены сообществами трагакантовых астрагалов с участием можжевельников. Они занимают незначительные площади в восточной части ущелья.

Полидоминантные горностепные сообщества включают кустарники жостер Далласа, барбарис обыкновенный, можжевельники продолговатый и казацкий, виды шиповника; а также степные травы: типчак, виды ковыля, шалфея, польни и другие.

Горностепные сообщества распространены более широко, чем трагакантники, и доходят до подножия ледников.

В составе тимьянников обычны: виды тимьяна, зизифоры, польнь ромашковолистная, душица обыкновенная, дубровник, котовник и др. Они поднимаются по крутым, хорошо прогреваемым склонам до 1900 м. Сообщества нагорно-ксерофитной растительности интенсивно используются как пастища большую часть года, а в малоснежные зимы – круглый год.

Лесная растительность представлена горными лесами. Наибольшее распространение в ущелье в настоящее время получили горные мелколиственные леса – березняки. Они формируются на склонах северной, северо-восточной и северо-западной экспозиций на высоте 1900-2400 м над у.м. Березняки образованы тремя видами: березой Литвинова, бородавчатой, Раде. До высоты 2 200 м встречаются как чистые березняки из берез Литвинова и Раде, так и смешанные, с примесью осины (особенно в нижней части склонов), рябины обыкновенной, ивы козьей, клена Траутфеттера и других видов. Выше 2 200 м располагается березовое криволесье и редколесье. Оно также характерно для склонов, подверженных сходам снежных лавин.

Растительный покров березняков отличается большим разнообразием, которое можно объединить в две большие группы: березняки кустарниковые и березняки с хорошо развитым травяным покровом. В нижней части лесного пояса преобладают березняки с кустарниковым подлеском из высокорослых видов шиповника, жимолости и смородины Биберштейна, а также березняки злаковые, разнотравные и высокотравные. В верхней части лесного пояса

преобладают березняки с кустарниковым подлеском из рододендрона кавказского, бруслики, черники обыкновенной и волчеягодника обыкновенного. В этих березняках хорошо выражен напочвенный мохово-лишайниковый покров.

В поймах речек и ручейков встречаются участки с кустарниками облепихи, малины, шиповника и др.

Субальпийская растительность в ущелье представлена стланиками, высокотравьем и субальпийскими лугами.

Первичное высокотравье на территории изыскания имеет незначительное распространение. Оно встречается в благоприятных для него условиях в поймах рек, на опушках леса в благоприятных для него условиях над лесным поясом. Оно представлено видами крестовника, живокости, борщевика и др. Вторичное пасторальное высокотравье занимает значительные площади и распространено в местах отстоя и ночевок скота, на стойбищах и на заброшенных пахотных участках. Характеризуется полидоминантными пасторальными формациями из щавеля конского, крапивы двудомной, чемерицы Лобеля, коровяка пирамидального, бодяка окутанного, видов герани и др. Эти сообщества отличаются стабильностью, так как не поедаются скотом, а из-за своей приуроченности к выложенным участкам рельефа не подвержены опасным склоновым процессам.

Субальпийские луга принято делить на первичные и вторичные. Но, учитывая длительное (более 4 тыс. лет) антропогенное воздействие на растительный покров этого района, говорить о первичных субальпийских лугах можно с определенной степенью условности. Вторичные луга имеют более позднее происхождение и отмечены даже на склонах северных экспозиций. Все они приурочены к близлежащим селениям и сформировались на месте сведенных лесов.

Субальпийские луга отличаются богатством флористического состава (более 300 видов). Эти луга характеризуются хорошо развитой дерниной, высоким (до 70 см) ярусным травостоем с проективным покрытием до 100%. С апреля по октябрь происходит постоянная смена аспектов, отличающихся яркими красками. В Мамисонском ущелье эти луга расположены преимущественно на склонах южной, юго-западной и юго-восточной экспозиций, в высотном интервале 1 800-3 000 м. В нижней части ущелья, на более крутых склонах (левый борт древнего ледникового трога) до 1 900 м развились оステненные субальпийские луга, сильно эродированные, с низким (до 30%) проективным покрытием.

Заключение

Выполнена оценка лавинной опасности в районе ледниковых комплексов Земегондон и Козидон.

В целом пораженность территории исследований снежными лавинами можно оценить как исключительную. Общая площадь с лавинной активностью составила 1049,7 га. Всего выявлено в приледниковой зоне рр. Козидон и Земегондон 48 лавиносборов. В пределах приледниковой территории в бассейне Козидон выделены 27 лавиносборов, в бассейне Земегондон выделен 21 лавиносбор, из них 7 в бассейне Дзуарикомдон (правый приток реки Земегондон) и 4 в бассейне Хицанштандон (правый приток реки Земегондон).

Составлен каталог лавинной опасности в районе ледниковых комплексов Земегондон и Козидон. В составленном каталоге представлены: площади лавиносборов, площади лавинных очагов, высотные отметки лавин и другие характеристики.

Финансирование

Работа выполнена за счет средств гранта Российского научного фонда (Соглашение № 23-17-20001).

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was supported by a grant from the Russian Science Foundation (Agreement No. 23-17-20001).

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Жданов В.В. Экспериментальный метод прогноза лавин на основе нейронных сетей / В.В. Жданов // Лед и снег. — 2016. — Т. 56. — № 4. — С. 502–510.
2. Ефремов Ю.В. Новый взгляд на орографию Большого Кавказа / Ю.В. Ефремов // Сборник трудов Северо-Кавказского института по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства. — 2015. — Вып. 21. — С. 63–67.
3. Залиханов М.Ч. Снежно-лавинный режим и перспективы освоения гор Большого Кавказа / М.Ч. Залиханов. — М.: Официальная и деловая Россия, 2014. — 611 с.
4. Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа / В.Д. Панов. — Санкт-Петербург, Гидрометиздат, 1993. — 430 с.
5. Браун Л.А. История географических карт / Л.А. Браун. — Москва: Центрполиграф, 2006. — 479 с.
6. Журкин И.Г. Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. — Москва: Кудиц-пресс, 2009. — 272 с.
7. СП 428.1325800.2018. Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах. Общие требования.
8. Благовещенский В.П. Межгодовая изменчивость снежного покрова и лавинной активности / В.П. Благовещенский, В.В. Жданов, Б.Б. Аскарбеков // Вопросы географии и геоэкологии. — 2015. — № 1. — С. 78–80.

9. Schmidt R.A. Location of snow fences in mountains terrain / R.A. Schmidt // Snow removal and ice control research Spec. Rept. — 1970. — № 115. — P. 220–225.
10. Боброва Д.А. Оценка информативности параметров, используемых при расчете дальности выброса лавин, для низкогорий Сахалина / Д.А. Боброва, И.А. Кононов // Инженерные изыскания. — 2016. — № 10-11. — С. 78–84.
11. Разумов В.В. Опасные природные процессы Северного Кавказа / В.В. Разумов, А.Х. Аджиев, Н.В. Разумова [и др.]; под ред. В.В. Разумова. — М.: Феория, 2013. — 320 с.
12. Каталог ледников СССР: т. 8. Северный Кавказ; ч. 8, Бассейн р. Уруха; ч. 9. Бассейн р. Ардона. — Л.: Гидрометеоиздат, 1976. — 76 с.
13. Приложение 1 к приложению к постановлению Правительства Республики Северная Осетия-Алания от 1 февраля 2019 года № 18.
14. Республика Северная Осетия-Алания (паспорт). — URL: <https://www.mid.ru/vnesneekonomiceskie-svazi-sub-ektov-rossijskoj-federacii-/asset/publisher/ykggrK2nCl8c/content/id/127714> (дата обращения: 13.08.2024)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zhdanov V.V. Jeksperimental'nyj metod prognoza lavin na osnove nejronnyh setej [Experimental method of avalanche forecasting based on neural networks] / V.V. Zhdanov // Led i sneg [Ice and Snow]. — 2016. — Vol. 56. — № 4. — P. 502–510. [in Russian]
2. Efremov Ju.V. Novyj vzgljad na orografiyu Bol'shogo Kavkaza [A new view on the orography of the Greater Caucasus] / Ju.V. Efremov // Sbornik trudov Severo-Kavkazskogo instituta po proektirovaniyu vodohozajstvennogo i meliorativnogo stroitel'stva [Proceedings of the North Caucasus Institute for Designing Water and Land Reclamation Construction]. — 2015. — Iss. 21. — P. 63–67. [in Russian]
3. Zalihanov M.Ch. Snezhno-lavinnyj rezhim i perspektivy osvoenija gor Bol'shogo Kavkaza [Snow avalanche regime and prospects for the development of the Greater Caucasus Mountains] / M.Ch. Zalihanov. — M.: Official and Business Russia, 2014. — 611 p. [in Russian]
4. Panov V.D. Jevoljucija sovremenennogo oledenenija Kavkaza [Evolution of the modern glaciation of the Caucasus] / V.D. Panov. — St.Petersburg, Gidrometizdat, 1993. — 430 p. [in Russian]
5. Braun L.A. Istorija geograficheskikh kart [History of geographical maps] / L.A. Braun. — Moscow: Centrpoligraf, 2006. — 479 p. [in Russian]
6. Zhurkin I.G. Geoinformacionnye sistemy [Geoinformation systems] / I.G. Zhurkin, S.V. Shajtura. — Moscow: Kudic-press, 2009. — 272 p. [in Russian]
7. SP 428.1325800.2018. Inzhenernye izyskanija dlja stroitel'stva v lavinoopasnyh rajonah. Obshchie trebovaniya [SP 428.1325800.2018. Engineering surveys for construction in avalanche-prone areas. General requirements]. [in Russian]
8. Blagoveshhenskij V.P. Mezhgodovaja izmenchivost' snezhnogo pokrova i lavinnoj aktivnosti [Interannual variability of snow cover and avalanche activity] / V.P. Blagoveshhenskij, V.V. Zhdanov, B.B. Askarbekov // Voprosy geografii i geoekologii [Issues of Geography and Geoecology]. — 2015. — № 1. — P. 78–80. [in Russian]
9. Schmidt R.A. Location of snow fences in mountains terrain / R.A. Schmidt // Snow removal and ice control research Spec. Rept. — 1970. — № 115. — P. 220–225.
10. Bobrova D.A. Ocenna informativnosti parametrov, ispol'zuemye pri raschete dal'nosti vybrosa lavin, dlja nizkogorij Sahalina [Assessment of the informativeness of the parameters used in calculating the avalanche ejection distance for the lowlands of Sakhalin] / D.A. Bobrova, I.A. Kononov // Inzhenernye izyskanija [Engineering Surveys]. — 2016. — № 10-11. — P. 78–84. [in Russian]
11. Razumov V.V. Opasnye prirodnye processy Severnogo Kavkaza [Hazardous natural processes in the North Caucasus] / V.V. Razumov, A.H. Adzhiev, N.V. Razumova [et al.]; ed. by V.V. Razumov. — M.: Feorija, 2013. — 320 p. [in Russian]
12. Katalog lednikov SSSR: t. 8. Severnyj Kavkaz; ch. 8, Bassejn r. Uruha; ch. 9. Bassejn r. Ardon. [Catalogue of glaciers of the USSR: vol. 8. North Caucasus; pt. 8, Urukha River Basin; pt. 9. Ardon River Basin]. — L.: Gidrometeoizdat, 1976. — 76 p. [in Russian]
13. Prilozhenie 1 k prilozheniju k postanovleniju Pravitel'stva Respubliki Severnaja Osetija-Alanija ot 1 fevralja 2019 goda № 18 [Annex 1 to the appendix to Resolution No. 18 of the Government of the Republic of North Ossetia-Alania of 1 February 2019]. [in Russian]
14. Respublika Severnaja Osetija-Alanija (pasport) [Republic of North Ossetia-Alania (passport)]. — URL: <https://www.mid.ru/vnesneekonomiceskie-svazi-sub-ektov-rossijskoj-federacii-/asset/publisher/ykggrK2nCl8c/content/id/127714> (accessed: 13.08.2024) [in Russian]