

УДК 551.578.46/.48

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК  
СНЕЖНОГО ПОКРОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛАВИННОЙ  
АКТИВНОСТИ ГОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Канд. геогр. наук Е. И. Колесников

Канд. геогр. наук Е. Е. Коченова

Е. В. Новикова

А. Н. Подстречный

По материалам наземных снегосъемок и наблюдений за лавинами в Заилийском Алатау установлена связь характеристик лавинного режима с максимальными запасами и максимальной высотой снежного покрова. Определены их значения различной вероятности превышения. Предложены обобщенные показатели для фоновой оценки лавинной активности в регионе.

В связи с интенсивным освоением горных территорий возрастает потребность в оценке различных характеристик лавинной деятельности, в том числе по малоизученным в лавинном отношении районам. Наиболее интересуют потребителей оценка и прогноз степени лавинной опасности, границы лавиноопасных зон, повторяемость, объем и дальность выброса лавин.

Достоверные сведения о режиме лавин имеются только на малочисленной сети снеголавинных станций. Для расчетов и прогнозов характеристик лавинной опасности этих данных не всегда достаточно, особенно в малоизученных районах. Поэтому в научном отношении актуальными остаются исследования пространственно-временных изменений лавинной активности и разработка методов косвенного расчета показателей лавинной опасности.

Одним из перспективных направлений исследований является выявление связи между частными характеристиками лавинного режима и характеристиками снежного покрова, обладающими повышенной информативностью. В качестве индикаторов пространственно-временных закономерностей лавинообразования можно использовать норму максимальных снегозапасов  $S_{\max}$ , максимальную высоту снежного покрова  $h_{\max}$ , продолжительность его залегания и другие показатели, что доказано уже многими исследователями. Таким путем определены расчетные характеристики лавинного режима и построены их карты для отдельных районов Тянь-Шаня, Памиро-Алая и Большого Кавказа [1,2,3]. В работе [4], на основе использования характеристик снежного покрова ( $S_{\max}$  и  $h_{\max}$ ), показана возможность получения расчетных формул для прогноза доминирующих лавин свежевыпавшего снега в малоизученных районах, а в [5,6] приведены сведения об успешном апробировании этого метода. Для оценки лавинной опасности юго-востока Казахстана И.В.Северский и В.П.Благовещенский [9,10], совместив лавино-индикационные характеристики рельефа и климата, в частности  $S_{\max}$  и  $h_{\max}$ , составили серию карт разного масштаба и назначения, имеющих большое практическое значение.

В работе [4] приводятся сведения о взаимосвязях характеристик лавинного режима и заснеженности в различных регионах (Кавказ, Алтай, Западный Тянь-Шань, Заилийский и Джунгарский Алатау). Это позволяет использовать данные климатических справочников по снежному покрову и прогностические зависимости для малоизученных районов. По-видимому, имеет смысл продолжить поиск межрегиональных связей между количественными характеристиками лавинной активности (повторяемость, объем лавин и др.) и снежного покрова (водность, высота снега).

В работе [1] приведены локальные зависимости характеристик лавинной опасности от высоты местности для 86 районов на территории Тянь-Шаня и

Памиро-Алая. Авторы этой работы пришли к выводу, что в пределах горных бассейнов площадью 1-3 тыс. км<sup>2</sup> отмечается закономерное, монотонное возрастание числа лавиноопасных ситуаций и продолжительности сезона лавинообразования с высотой местности. Однако во внутренних районах, по мере удаления от хребтов-барьеров, на тех же высотах количество лавинных ситуаций уменьшается (рис. 1).

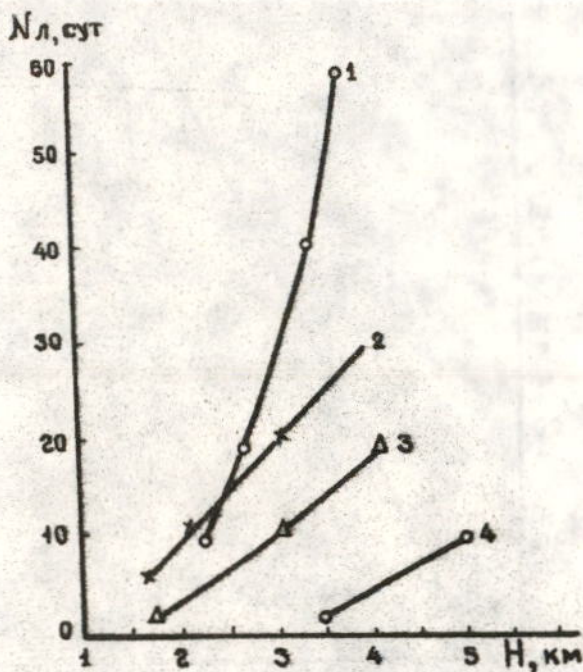


Рис. 1. Распределение по высотным зонам количества суток с лавинными ситуациями ( $N_{л}$ ) в бассейнах рек на территориях Памира и Заилийского Алатау [1].

1 - р. Кафирниган; 2 - рр. Малая и Большая Алматинки; 3 - рр. Ванч и Язгулем; 4 - средняя часть бассейнов рр. Мургаб и Гунт.

Таблично-графические материалы, приведенные в [1], и данные работы [7] позволили выявить межрегиональную связь количества лавиноопасных ситуаций от высоты снежного покрова на дату максимума

(рис.2). Коэффициент корреляции этой зависимости равен  $0,96 \pm 0,02$ . Она описывается выражением:

$$N_{л} = 0,18 S_{\max} - 7,14, \quad (1)$$

где  $N_{л}$  - количество суток с лавинными ситуациями.

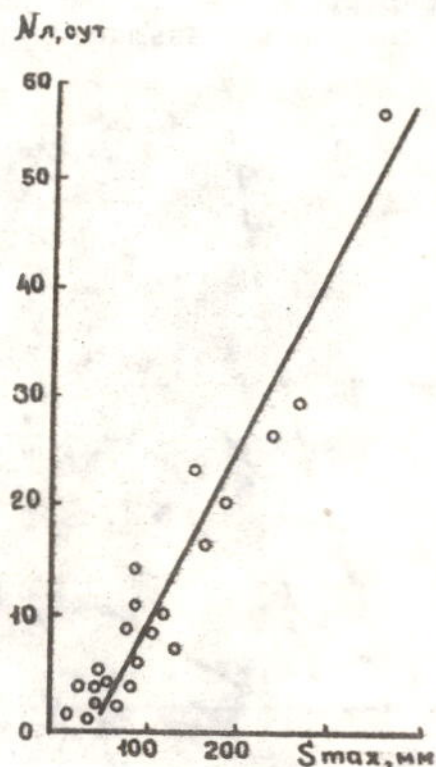


Рис.2. Зависимость среднего количества суток с лавинными ситуациями ( $N_{л}$ ) от максимальных снегозапасов ( $S_{\max}$ ) по данным наблюдений в горных районах Тянь-Шаня (бассейны рек Ойгаинг, Алабуга, Иныльчек, Малая и Большая Алматинки) и Памиро-Алая (бассейны рек Кафирниган, Маркансу, Сох)

Выявленная зависимость вряд ли характерна для всех горных регионов, так как условия снегонакопления и лавинный режим, например вблизи морских или океанических побережий и внутри континентов, сильно отличаются. Однако, для фоновой

оценки частоты лавиноопасных ситуаций ( $N_{л}$ ) в соседних горных регионах, имеющих к тому же сходные черты рельефа (хр. Угамский, Таласский, Кыргызский, Джунгарский Алатау), зависимость вида (1), очевидно, приемлема и при наличии карт снежности может быть использована для картирования  $N_{л}$ . Это подтверждается данными многолетних наблюдений на наземных и аэровизуальных маршрутах в различных горных регионах Казахстана, в частности, в расположенных рядом и сильно отличающихся по заснеженности Таласском Алатау и Кыргызском хребте. В Таласском Алатау часто отмечается массовый сход крупных лавин, а в Кыргызском хребте (на периферийных северных склонах) они сравнительно редки и маломощны.

Кроме количества суток с лавинами, к важным характеристикам лавинного режима относится также число сошедших лавин в бассейне ( $n_{л}$ ) и их суммарный объем ( $V$ ). Комплекс этих характеристик наиболее полно освещает степень лавинной активности того или иного региона.

Для изучения вероятностных распределений характеристик лавинной активности обычно необходимо значительно большее количество данных, чем их имеется в отчетах снеголавинных станций. Поэтому часто возникает потребность в удлинении рядов наблюдений за  $N_{л}$ ,  $n_{л}$  и  $V$ . Так, для станции Большое Алматинское Озеро ряды наблюдений, используемые в данной работе, удлинены с 21-го члена до 38-ми. Увеличение длины рядов производилось с помощью выражений (2) - (7), описывающих зависимости показателей лавинной активности от  $S_{max}$  и  $h_{max}$ :

$$N_{л} = 0,11 S_{max}^{-2}, \quad (2)$$

$$N_{л} = 0,12 h_{max}^{-2}, \quad (3)$$

$$n_{л} = 0,25 S_{max}^{-8}, \quad (4)$$

$$n_{л} = 0,56 h_{max}^{-55}, \quad (5)$$

$$V = 1,80 S_{\max} - 38, \quad (6)$$

$$n_{\text{л}} = 1,23 h_{\max} - 22. \quad (7)$$

Затем по удлиненным рядам показателей лавинной активности выделялись зимы с различной степенью лавинной опасности и определялась повторяемость лавин с 1950 по 1987 год.

Анализ данных о лавинах на снеголавинной станции Большое Алматинское Озеро в Заилийском Алатау показал, что все три характеристики лавинного режима коррелируются с показателями снежности ( $S_{\max}$  и  $h_{\max}$ ) конкретных зим (табл.1). В меньшей мере, как видно из табл.1, эти характеристики связаны с продолжительностью периодов с устойчивым снежным покровом ( $T$ ) и суммарной продолжительностью поземков и метелей ( $T_{\text{пм}}$ ).

Таблица 1

Коэффициенты парной корреляции между основными показателями лавинного режима и характеристиками снежного покрова в бассейне р.Большая Алматинка

Характеристика снежного покрова	Показатель лавинной активности		
	Число суток суток с ла- винами ( $N_{\text{л}}$ )	Число сошед- лавин ( $n_{\text{л}}$ )	Суммарный объем лавин ( $V$ ), тыс.м <sup>3</sup>
$S_{\max}$ , мм	0,85	0,72	0,64
$h_{\max}$ , см	0,84	0,70	0,60
$T$ , сут	0,56	0,39	0,53
$T_{\text{пм}}$ , час	0,03	- 0,05	- 0,19

Рассчитанные вероятностные характеристики приведены в табл.2 и позволяют заключить, что распределение количества суток с лавинами и числа сошедших лавин за зиму несколько отличается от нормального. Лучшее совпадение с эмпирическими

данными дает логарифмически-нормальное распределение.

Таблица 2

Вероятностные значения показателей лавинной активности в бассейне р. Большая Алматинка

Распределение	Показатель	Вероятность превышения, %				
		1	2	5	10	20
Эмпирическое	$N_{л}$	48	40	33	27	23
	$n_{л}$	104	92	70	57	44
Нормальное	$N_{л}$	39	36	32	28	24
	$n_{л}$	87	75	67	59	49
Логарифмически-нормальное	$N_{л}$	49	42	34	28	22
	$n_{л}$	109	92	72	57	44

Очевидно, что для многоснежных зим характерны небольшие вероятности ( $p$ ) показателей лавинной опасности. В частности, для зимы 1965-1966 года  $p$  приближенно равно 2 %.

Для оценочных карт лавинного режима корректен совместный анализ многих показателей. Такой анализ произведен на основе методики "взвешенных баллов", предложенной В.М.Сезиным и О.Н.Суздальцевой для снеголавинного картирования [11]. В качестве первичных показателей приняты число суток с лавинами ( $N_{л}$ ), количество сошедших за зиму лавин ( $n_{л}$ ), суммарный объем лавин ( $V$ ). Выбор именно этих показателей произведен исходя из результатов анкетного опроса [1].

Отобранные первичные показатели, ряды которых были восстановлены до 38-летнего периода по зависимостям (2) - (7), оценивались в баллах. Шкала оценки строилась так, что большее число баллов присваивалось значению показателя, наилучшее характеризующего повышенную лавинную активность на данной территории. За число баллов при-

нималось количество интервалов, на которые условно разбивался ряд первичных показателей, а за оценочную шкалу показателей - границы этих интервалов (табл.3).

Таблица 3

Шкала первичных показателей

Балл	Первичный показатель		
	Число суток с лавинами	Количество сошедших лавин	Суммарный объем лавин, тыс.м <sup>3</sup>
5	> 30	> 80	> 600
4	20-30	55-80	450-600
3	10-20	30-55	300-450
2	1-10	5-30	150-300
1	0	< 5	0-150

Простым сложением баллов первичных показателей нельзя получить объективную оценку лавинной опасности территории, так как они не отражают относительную значимость учитываемых факторов. Для этого требуется "взвешивание" баллов. Коэффициенты взвешивания для каждого показателя можно установить с помощью парных коэффициентов корреляции между характеристиками снежного покрова  $S_{max}$  и  $h_{max}$  и каждым из используемых первичных показателей.

Согласно данным табл.1, наибольшими по абсолютному значению являются коэффициенты корреляции между  $N_L$  и  $S_{max}$  ( $r_{NS} = 0,85$ ), а также между  $N_L$  и  $h_{max}$  ( $r_{Nh} = 0,84$ ). Поэтому коэффициенты взвешивания  $\gamma_{NS}$  и  $\gamma_{Nh}$  балла показателя  $N_L$  соответственно для  $S_{max}$  и  $h_{max}$  приняты равными 1. Значения коэффициентов взвешивания для остальных показателей определены из отношений:

$$\gamma_{NS} = r_{NS} / r_{NS} = 0,72 / 0,85 = 0,85, \quad (8)$$



$$\gamma_{nh} = r_{nh} / r_{Nh} = 0,70 / 0,84 = 0,83 , \quad (9)$$

$$\gamma_{vs} = r_{vs} / r_{Ns} = 0,64 / 0,85 = 0,75 , \quad (10)$$

$$\gamma_{vh} = r_{vh} / r_{Nh} = 0,60 / 0,84 = 0,72 , \quad (11)$$

где  $\gamma_{ns}$  - коэффициент взвешивания балла показателя  $n_{\text{л}}$  по коэффициенту корреляции между  $n_{\text{л}}$  и  $S_{\text{max}}$  ( $r_{ns}$ );  $\gamma_{nh}$  - то же по коэффициенту корреляции между  $n_{\text{л}}$  и  $h_{\text{max}}$  ( $r_{nh}$ );  $\gamma_{vs}$  - коэффициент взвешивания балла показателя  $V$  по коэффициенту корреляции между  $V$  и  $S_{\text{max}}$  ( $r_{Ns}$ );  $\gamma_{vh}$  - то же по коэффициенту корреляции между  $V$  и  $h_{\text{max}}$  ( $r_{vh}$ ).

Полученные коэффициенты взвешивания умножались на значение балла соответствующего показателя, в результате чего находились взвешенные баллы. Путем суммирования взвешенных баллов первичного показателя находилась оценочная сумма за каждый год (табл.4), использовавшаяся для классификации степени лавинной опасности в течение каждой зимы с учетом еще одной оценочной шкалы (табл.5).

Таблица 4

Результаты оценки степени лавинной активности с использованием взвешенных баллов

Год	Оценка первичного показателя, балл			Взвешенный балл			Сумма взвешенных баллов	Категория опасности
	$N_{\text{л}}$	$n_{\text{л}}$	$V$	$N_{\text{л}}$	$n_{\text{л}}$	$V$		
1950/51	3	2	1	3	1,7	0,8	5,5	1
1951/52	3	3	2	3	2,6	1,5	7,1	2
1952/53	4	3	2	4	2,6	1,5	8,1	3
1953/54	3	2	1	3	1,7	0,8	5,5	1
1954/55	3	2	1	3	1,7	0,8	5,5	1
1955/56	4	3	2	4	2,6	1,5	8,1	3
1956/57	4	3	2	4	2,6	1,5	8,1	3

Год	Оценка первичного показателя, балл			Взвешенный балл			Сумма взвешенных баллов	Категория опасности
	$N_{л}$	$n_{л}$	$V$	$N_{л}$	$n_{л}$	$V$		
1957/58	4	3	2	4	2,6	1,5	8,1	3
1958/59	4	3	2	4	2,6	1,5	8,1	3
1959/60	4	3	2	4	2,6	1,5	8,1	3
1960/61	3	2	1	3	1,7	0,8	5,5	1
1961/62	2	2	1	2	1,7	0,8	4,5	1
1962/63	2	2	1	2	1,7	0,8	4,5	1
1963/64	3	3	2	3	2,6	1,5	7,1	2
1964/65	2	2	1	2	1,7	0,8	4,5	1
1965/66	5	4	3	5	3,4	2,3	10,7	5
1966/67	3	3	1	3	2,6	0,8	6,4	2
1967/68	2	2	1	2	1,7	0,8	4,5	1
1968/69	4	4	2	4	3,4	1,5	8,9	3
1969/70	2	2	2	2	1,7	1,5	5,2	1
1970/71	3	2	1	3	1,7	0,8	5,5	1
1971/72	2	2	2	2	1,7	1,5	5,2	1
1972/73	3	2	1	3	1,7	0,8	5,5	1
1973/74	2	2	1	2	1,7	0,8	4,5	1
1974/75	3	2	2	3	1,7	1,5	6,2	2
1975/76	2	2	2	2	1,7	1,5	5,2	1
1976/77	3	2	1	3	1,7	0,8	5,5	1
1977/78	2	2	1	2	1,7	0,8	4,5	1
1978/79	3	2	1	3	1,7	0,8	5,5	1
1979/80	2	2	1	2	1,7	0,8	4,5	1
1980/81	4	5	2	4	4,3	1,5	9,8	4
1981/82	3	3	1	3	2,6	0,8	6,4	2
1982/83	2	2	1	2	1,7	0,8	4,5	1
1983/84	3	2	1	3	1,7	0,8	5,5	1
1984/85	5	4	3	5	3,4	2,3	10,7	5
1985/86	4	3	2	4	2,6	1,5	8,1	3
1986/87	5	3	5	5	2,6	3,8	11,4	5

Шкала, приведенная в табл. 5, получена по тому же принципу, что и шкала балльных оценок пер-

вичных показателей. Категории лавинной опасности по этой шкале означают: 1 - практическое отсутствие опасности; 2 - слабая; 3 - умеренная; 4 - сильная; 5 - очень сильная.

Таблица 5

Оценочная шкала для классификации зим по степени лавинной опасности

Общий показатель	Категория лавинной опасности				
	1	2	3	4	5
$S_{\max}$	< 5,9	6,0-7,4	7,5-8,9	9,0-10,4	>10,5
$h_{\max}$	< 5,7	5,8-7,1	7,2-8,5	8,6- 9,9	>10,0

В табл.6 приведены обобщенные показатели лавинной опасности с вероятностями превышения 1, 2, 5, 10, 20 %, соответствующими повторяемостям раз в 100, 50, 20, 10, и 5 лет. Они рассчитаны по эмпирическим кривым вероятностей превышения (варианты 1 и 3) и по кривым логарифмически-нормального распределения (варианты 2 и 4). При этом в вариантах 1 и 2 обобщенные показатели лавинной опасности определялись с привлечением данных о максимальной водности снежного покрова, а в вариантах 3 и 4 - его максимальной высоты.

Связи между обобщенными показателями лавинной активности, максимальными высотами снежного покрова и максимальными запасами воды в снеге использованы нами для районирования горной территории Казахстана. При этом соотношения между  $S_{\max}$  и  $h_{\max}$  и обобщенными показателями лавинной активности (см. табл.6) позволили выделить по 5 интервалов  $S_{\max}$  и  $h_{\max}$ . Установленные градации приведены в табл.7.

Таким образом, каждому конкретному интервалу значений характеристик снежного покрова при районировании территории поставлена в соответствие

определенная степень лавинной опасности, выражающаяся обобщенными показателями в баллах. Это позволяет по данным табл.7 построить карты фоновой оценки степени лавинной активности в разных регионах.

Таблица 6

Вероятностные значения обобщенного показателя опасности, балл

Вариант расчета	Среднее	Среднее квадратическое отклонение	Вероятность превышения, %				
			1	2	5	10	20
1	1,97	1,26	5,4	4,9	3,8	3,2	2,6
2	1,97	1,26	6,5	5,5	4,3	3,5	2,6
3	1,87	1,12	5,6	5,8	4,2	3,5	2,8
4	1,89	1,12	5,8	4,9	3,9	3,3	2,6

Таблица 7

Градации характеристик снежного покрова и соответствующие им значения обобщенного показателя лавинной опасности

Обобщенный показатель лавинной опасности, балл	Максимальная высота снега ( $h_{max}$ ), см	Максимальная водность снежного покрова ( $S_{max}$ ), мм
1	< 50	< 100
2	50 - 80	100 - 170
3	80 - 100	170 - 240
4	100 - 130	240 - 340
5	> 130	> 340

Однако следует отметить, что картирование обобщенного лавинного показателя, в отличие от характеристик лавинного режима ( $N_{л}, V$  и др.), зна-

чительно проигрывают в наглядности [8]. Более того, поиск межрегиональных связей таких характеристик лавинного режима, как  $n_d$  и  $V$ , из-за недостатка данных весьма затруднителен. Поэтому при необходимости составления оценочных карт лавинной активности среднего и крупного масштаба предпочтение должно отдаваться картам отдельных количественных показателей лавинного режима.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геткер М.И., Канаев Л.А., Муравская Р.В. Опыт регионального картографирования характеристик лавинной опасности // Тр. второго всесоюзного совещания по лавинам. - 1987. - С.180-193.
2. Геткер М.И., Канаев Л.А. Методы гляциогидро-климатологической оценки распределения осадков, снежного покрова и лавин // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1987. - Вып.51. - С.107-116.
3. Калдани Л.А. Методика определения частоты схода лавин свежеснежного покрова (на примере Аджаро-Имеретинской горной системы) // Тр. ЗапНИГМИ. - 1979. - Вып.68(74). - С.36-47.
4. Колесников Е.И., Подстречный А.Н. Универсальный метод прогноза снежных лавин и составления прогностических карт лавинной опасности // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1987. - Вып.59. - С.69-75.
5. Колесников Е.И., Подстречный А.Н. Опыт составления прогностической карты лавинной опасности на примере Рудного Алтая // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1988. - Вып.61. - С.170-175.
6. Колесников Е.И., Подстречный А.Н., Крутских Б.В. Автоматизированная система диагностики и прогноза лавин в Казахстане // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1988. - Вып.63. - С.165-171.

7. Колесников Е.И., Подстречный А.Н. Лавинная активность Заилийского Алатау в 1965-1987 гг. // Материалы гляциологических исследований (хроника). - 1988. - Вып.64. - С.101-106.
8. Мягков С.М., Северский И.В. Результаты и перспективы картографирования лавинной опасности в СССР // Тр. второго всесоюзного совещания по лавинам. - 1987. - С.167-180.
9. Северский И.В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1987. - 225 с.
10. Северский И.В., Благовещенский В.П. Оценка лавинной опасности горной территории. - Алма-Ата: Наука, 1983. - 220 с.
11. Сезин В.М., Суздальцева О.Н. Картографирование лавинной опасности с использованием метода "взвешенных баллов" // Тр. второго всесоюзного совещания по лавинам. - 1987. - С.193-198.

Бюро погоды Казгидромета  
Казмеханобр

**ТАУЛЫ АЙМАҚТАҒЫ ҚАР КӨШКІНІ  
БЕЛСЕНДІЛІГІНЕ БАҒА БЕРУ ҮШІН ҚАР ЖАМЫЛҒЫЛАРЫ  
СИПАТЫН ПАЙДАЛАНУДЫҢ МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ**

Геогр. ф. канд.	Е.И. Колесников
Геогр. ф. канд.	Е.Е. Коченова
	Е.В. Новикова
	А.Н. Подстречный

Іле бойы Алатауындағы жер үстінен түсірілген қар мөлшерінің суреттері және қар көшкіндерін бақылау материалдары бойынша қар көшкіндерінің түзілімдік сипаттары мен ең көп қар қоры және ең қалың қар жамылғылары арасындағы өзара байланысы орнықтырылды. Олардың бір біріне түрлі әсері анықталды. Аймақтағы қар көшкіні белсенділігіне фондық баға беру үшін көрсеткіштерді талдау ұсынылады.