

УДК 551.578.483(574)

**К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗЕ ЛАВИН,
СВЯЗАННЫХ СО СНЕГОПАДАМИ**

Доктор геогр. наук И.В. Кондрашов

Для Заилийского Алатау предложена методика разделения снегопадов с количеством осадков от 10 до 20 мм/сут на лавиноопасные и нелавиноопасные при помощи последовательного подключения предикторов. В качестве их использованы высота старого снега в зоне отрыва лавин, интенсивность снегопада и коэффициент устойчивости снежного покрова.

Прогноз лавин, по мнению ряда исследователей [5, 6], является скорее интуитивным процессом, чем аналитическим. Основная роль при его составлении принадлежит опыту и интуиции специалиста-лавищика, а все методические построения служат только вспомогательными средствами [3]. В связи с этим возникает проблема обобщения опыта прогнозистов для разработки региональных правил прогнозирования. Первая такая попытка была сделана для Приэльбрусья, когда И.И. Гельфанд, Б.И. Розенфельд, Н.А. Урумбаев предложили методику прогнозирования лавин, основанную на формализации опыта эксперта [1].

В данной статье для Заилийского Алатау разработана методика прогноза лавин, связанных со снегопадами, при помощи распознавания образов с последовательным подключением предикторов. Именно таким способом, по мнению Ля Шапеля [6], следует производить оценку лавинообразующих предикторов при составлении интуитивного прогноза. В полученной методике прогноза очередность подключения и подбор предикторов осуществлен с учетом опыта местных специалистов-лавищиков и привлечением наблюдений снеголавинной станции Чимбулак за период с 1973 по 1989 год.

В настоящее время в горных районах бывшего СССР для фонового прогноза лавин применяются, в основном, два способа. Первый - построение эмпирических прогностических графиков, учитывающих два или три основных лавинообразующих предиктора; второй - расчет уравнений линейных дискриминантных функций [3, 4]. Оправдываемость прогнозов, при этом, у большинства методов исключительно высока и составляет 90-95 %. По нашему мнению, это мнимая точность, которая получается только за счет того, что при подсчете оправдываемости прогнозов используются все снегопады в

данном горном районе. Для примера проанализируем среднее многолетнее число суток с различным количеством осадков в период с ноября по апрель в Заилийском Алатау. Оказывается, что число суток с осадками ≥ 10 мм на высотах 2000 и 3000 м составляет соответственно 17 и 7 % общего числа всех снегопадов в этот период. В рассматриваемом районе, как показали наблюдения снеголавинной станции Чимбулак, при снегопадах с количеством осадков < 10 мм/сут сход лавин практически не наблюдался. Всего за весь период наблюдений таких случаев было не более 2 % общего числа лавин, да и то почти все они наблюдались при метелевом переносе снега.

Поэтому, если считать все снегопады с количеством осадков < 10 мм/сут нелавиноопасными, а 10 мм/сут лавиноопасными, то и без применения имеющихся прогностических методов оправдываемость прогноза на рассматриваемых высотах будет в среднем не намного меньше (83 и 93 %), то есть не ниже, чем, например, в работе Е.И. Колесникова [2]. Если же на прогностическом графике в [2] отбросить заведомо нелавиноопасные (сумма осадков < 10 мм) и заведомо лавиноопасные (≥ 20 мм), то оправдываемость прогнозов по этой зависимости [$\Delta h = f(h_{ст})$, где Δh - прирост свежевыпавшего снега, $h_{ст}$ - высота старого снега], будет всего около 60 %. При этом следует отметить, что прогноз считался оправдавшимся только тогда, когда объем сошедшей лавины превышал 100 м^3 . Более мелкие лавины, как правило, останавливаются в верхней части склонов и как случай со сходом лавин не учитывались. Сообщим к сведению, что в Заилийском Алатау за последние двадцать лет в лавинах погибло 50 человек. Объем лавин при этом значительно превышал 100 м^3 .

Таким образом, только по количеству осадков можно выделить снегопады, при которых сход лавин наблюдался или не наблюдался почти в 100 % случаев. В Заилийском Алатау, как показали наблюдения снеголавинной станции Чимбулак, такими критериями являются количество осадков за снегопад < 10 и ≥ 20 мм/сут. Аналогичные критерии можно определить и для других горных районов. Ситуации между этими критериями, т.е. при которых лавины сходят или не сходят почти с одинаковой вероятностью, названы неопределенными. В практической работе наибольшую трудность при прогнозировании, естественно, вызывают именно такие случаи. При снегопадах с количеством осадков от 10 до 20 мм лавины почти в 100 % случаев не сходят, если высота старого снега в лавиносборах меньше 50 см. Поэтому рассматривались только снегопады, выпадающие при высоте старого снега больше этого значения. Всего за период с 1973 по 1989 год отмечено 63 таких снегопада. Из них в 38 случаях наблюдался сход лавин объемом $\geq 100 \text{ м}^3$. Снегопады при этом считались отдельными, если перерыв между ними превышал 12 часов.

Для разделения снегопадов с количеством осадков от 10 до 20 мм/сут на лавиноопасные и нелавиноопасные из большого числа предикторов рассматривались следующие: температура воздуха в момент начала снегопада ($T_{ин}$), интенсивность выпадения осадков (i) и коэффициент устойчивости в горизонте разрыхления старого снега c/w где c - поверхностная плотность в слабом горизонте старого снега и w - водность вышележащей толщи в зоне лавинообразования.

Необходимо отметить, что коэффициент устойчивости c/w во всех существующих методах прогноза лавин, связанных со снегопадами, не используется. Между тем, это один из важнейших предикторов, так как при слабой прочности старого снега для схода лавины необходим значительно меньший прирост свежавыпавшего снега, чем при прочном снежном покрове.

Как видно на рис. 1, существенных различий в значениях температуры воздуха в момент начала снегопадов со сходом лавин и без лавин нет. При этом можно только отметить важный прогностический признак - снегопады с количеством осадков ≥ 10 мм/сут в 97 % случаев начинаются при температуре воздуха в момент начала снегопадов выше минус $6,1^{\circ}\text{C}$.

При разделении рассматриваемых снегопадов на классы со сходом и без схода лавин наиболее информативным предиктором несомненно является интенсивность выпадения осадков (i). Так, при сходе лавин с (i) меньше 0,6 и больше 1,0 мм/ч составляет соответственно 3 и 68 %, а без схода лавин - 52 и 16 %.

При анализе значений c/w можно отметить, что случаям без схода лавин чаще соответствуют более высокие значения этого параметра, чем случаям с лавинами.

Предлагаемый метод прогноза отличается от общепринятых тем, что в его основу положен не одновременный, как при графическом или дискриминантном анализе, а последовательный учет предикторов, позволяющий уточнять прогноз. Результат прогноза может выдаваться и вероятностной форме.

Алгоритм прогноза лавин при неопределенных ситуациях представлен на рис. 2. Порядок его составления следующий. При выпадении 10 мм осадков с интенсивностью $\geq 1,0$ мм/ч сразу же объявляется лавинная опасность. Таких случаев, из всех 63 рассматриваемых, было 30 (48 %). Сход лавин при этом наблюдался в 87 % случаев. Если интенсивность снегопада будет меньше 0,7 мм/ч, то в 93 % случаев сход лавин не наблюдается. Таких снегопадов было 14, что составляет 22 % всех рассматриваемых.

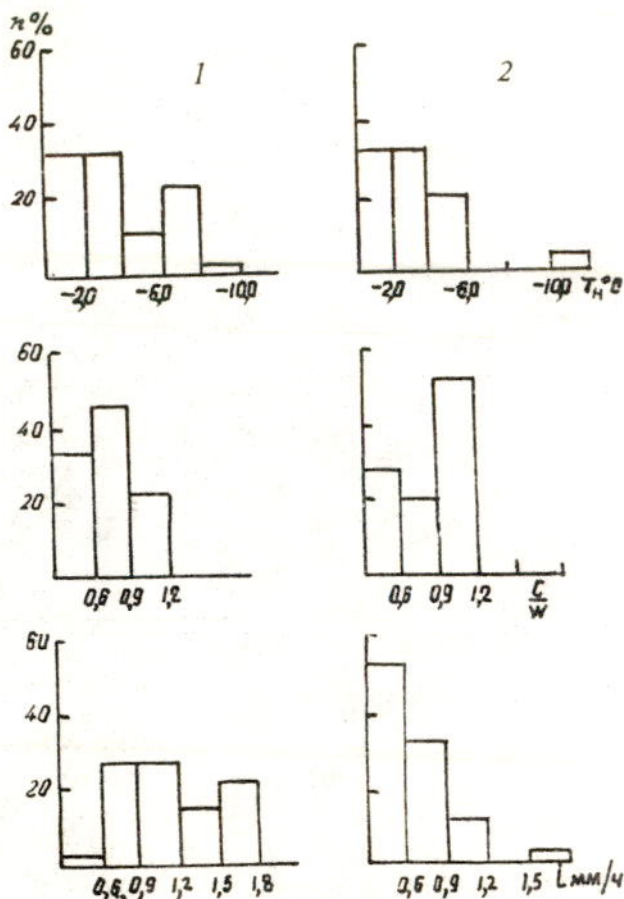


Рис. 1. Основные предикторы для определения лавиноопасных ситуаций: 1-лавиноопасные, 2-нелавиноопасные.

При интенсивности снегопадов от 0,7 до 0,9 мм/ч для уточнения прогноза требуется подключение еще одного информативного предиктора. Им, как уже указывалось выше, является коэффициент устойчивости c/w в слабом горизонте старого снега. Он определяется по наблюдениям на маршрутном шурфе, расположенном в зоне отрыва лавин. Если $c/w > 0,8$, то в 75 % случаев сход лавин не наблюдается. При $c/w < 0,8$ - сход лавин наблюдается в 82 % случаев. Оценка обеспеченности метода на зависимой выборке показала его эффективность и надежность (табл.). Критерии Багрова и Обухова составили соответственно 0,71 и 0,70, а ошибки риска и страховки - 0,09 и 0,21.

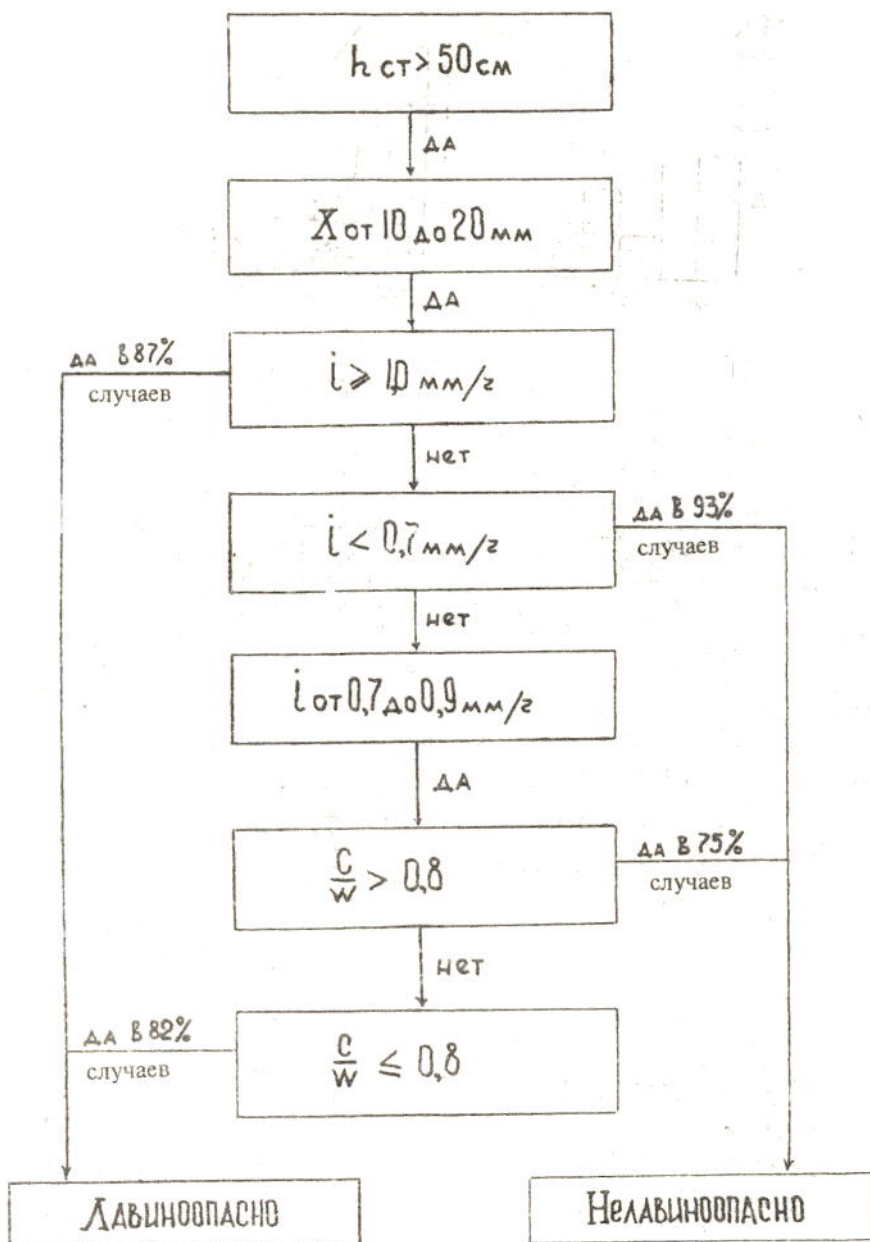


Рис. 2. Алгоритм прогноза лавин при неопределенных ситуациях

Результаты оправдываемости метода прогноза лавин (Р, %), связанных со снегопадами, при неопределенных ситуациях (зависимая выборка)

Оправдываемость прогноза, %								
Общая			Схода лавин			Отсутствия лавин		
п	п'	Р	п	п'	Р	п	п'	Р
63	54	86	38	32	84	25	22	88

Примечание. п - количество прогнозов, п' - количество оправдавшихся прогнозов.

Сформулируем основные выводы работы:

- прогноз лавин, связанных со снегопадами, при помощи зависимостей типа $\Delta h = f(h_{ст})$ нецелесообразен из-за низкой оправдываемости;

- при прогнозе лавин в первую очередь необходимо выделить зону неопределенности и только для нее считать оправдываемость прогноза. Тогда и определится истинная ценность метода;

- последовательный подбор предикторов при разделении снегопадов на лавиноопасные и нелавиноопасные, по сравнению с общепринятыми методами, дает возможность учитывать опыт прогнозистов-лавинщиков;

- прогнозировать можно только сход значительных лавин (объемом $\geq 100 \text{ м}^3$), так как условия образования более мелких лавин практически не отличаются от случаев без лавин;

- при прогнозировании лавин свежеснегавпавшего снега необходимо учитывать прочностные свойства старого снега;

- разработанный способ прогноза носит региональный характер, но предлагаемые методические приемы несомненно могут быть использованы и в других районах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельфанд И.М., Розенфельд Б.И., Урумбаев Н.А. Лавинное прогнозирование с помощью формализации опыта эксперта // Материалы гляциологических исследований. - 1988. - Вып. 62. - С. 171-176.
2. Колесников Е.И. Способы прогноза лавинной опасности по интенсивности осадков и снегопадов в горах Заилийского Алатау // Тр. САНИИ Госкомгидромета. - 1972. - Вып. 63(78). - С. 64-70.
3. Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности / Сост. Ю.Д. Москалев, под ред. Л.А.Канаева. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 200 с.

4. Методические рекомендации по прогнозу снежных лавин в СССР / Сост. Н.Ф. Дроздовская, Л.А. Канаев, Г.Г. Харитонов, под ред. Н.С. Никольской. - Л.: Гидрометеоиздат, 1990. - 128 с.
5. Busser O., Fohu., Good W., Cubler H. and Salm B. Different methods for assessment of avalanche danger // Cold Regions Science and Technology. - 1985. - № 10. - P. 199-218.
6. La Chapell E. The fundamental processes in conventional avalanche forecasting // J. of Glaciology. - 1980. - Vol. 26. - 94 p.

Центр по селевым и снеголавинным работам

ҚАРДЫҢ ЖАУУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ҚАР КӨШКІНІН БОЛЖАУ СҰРАҒЫНА

Геогр. ғ. докторы И.В. Кондрашев

Әртүрлі предикторларды бір жүйеде қосуды қолдана отырып Іле Алатауына арналған қардың жаууы тәулігіне 10-нан 20 мм қар көшкіні қауіпті және қауіпсіз түрлеріне бөлу әдісі келтірілген. Олардың орнына ескі қар көшкінінің жылжу аймағындағы қар қалыңдығы, белсеңділігі және қар жамылғысының тұрақтану коэффициенті пайдаланылды.