

УДК 551.578.483

**ЭМПИРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОГНОЗА ЛАВИН, СВЯЗАННЫХ С
ОСАДКАМИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ КОТЫРБУЛАК**

Канд. техн. наук В.В. Жданов

Разработан эмпирический метод прогноза лавин для нового снеголавинного поста «турбаза Алма-Тау». Из-за недостатка статистического материала применены методы прогноза, рекомендованные для малоизученных горных районов. После прохождения производственных испытаний, данный метод можно рекомендовать для прогноза лавин в верховьях реки Котырбулак.

Осенью 2008 г. в районе турбазы «Алма-Тау» (хребет Иле-Алатау, Котырбулакское лесничество, высота 1840 м над уровнем моря) был открыт снеголавинный пост. Открытие этого поста обусловлено следующими причинами:

- в этом районе расположены многочисленные лавиносоры, характерные (индикаторные) для среднегорного пояса Илейского Алатау;
- верховья реки Котырбулак интенсивно осваиваются туристами и лыжниками. Здесь расположено несколько частных горнолыжных и туристических баз;
- во время многоснежных лавиноактивных зим наблюдался сход лавин, объемом более 100 тыс. м³;
- за последние годы в районе турбазы «Алма-Тау» из-за лавин произошло несколько несчастных случаев со смертельным исходом.

На посту проводятся стандартные метеорологические и снеголавинные наблюдения, в соответствии с руководящими документами и годовыми планами работ [1]. Информация передается в отдел снеголавинных наблюдений и прогнозов. Пост является прогностическим подразделением, но, в отличие от снеголавинных станций, локального метода прогноза для бассейна реки Котырбулак не существует. Для прогноза лавинной опасности в районе снеголавинного поста используются фактические данные наблюдений за погодой и состоянием снежного покрова, а так же фоновый прогноз лавин для всего Илейского Алатау. Однако фоновый прогноз – это предупреждение общего пользования, носящее рекомендательный характер и предназначенное для больших территорий (область, горный хребет). Для локального прогноза лавин в пределах бассейна реки

такие предупреждения, как правило, не используются. Общая оправдываемость фоновое предупреждения, применительно к бассейну реки Котырбулак, составила 57 % (зимний сезон 2010...2011 гг.).

В практике работы снеголавинных станций «Шымбулак» и «озеро Улкен Алматы» применяются эмпирические методы прогноза, основанные на статистической обработке материала за период наблюдения более 15 лет [2]. Поскольку в среднегорной зоне Илейского Алатау преобладают лавины, связанные с осадками (80 % случаев), прогноз лавин этого типа наиболее актуален. Различные авторы рекомендуют применять для прогноза следующие параметры: высота снега на метеоплощадке, на шурфе (стационарной площадке для наблюдений за снежным покровом) или в лавиносборах, и количество осадков или прирост снега на метеоплощадке.

Линии зависимости схода лавин от упомянутых выше факторов на прогностических графиках и формулы, их описывающие, получают эмпирическим путем. Корректировка прогностических графиков осуществляется после оценки оправдываемости по результатам авторских и производственных испытаний. Предлагаемые методы применимы только для прогноза лавин на ограниченной территории. Их общая оправдываемость составляет 80...90 %.

Для качественного обеспечения потребителей снеголавинной информацией необходим локальный прогноз лавин в районе турбазы «Алма-Тау». Поэтому остро встал вопрос разработки методов прогноза лавинной опасности для этого района.

В период 2008...2011 гг. проводились наблюдения за погодой и лавинами, в конце зимнего лавинного сезона составлялись технические отчеты. Эта информация необходима для сравнения с другими данными метеостанций и для анализа лавинной опасности в районе. Данные наблюдений обрабатывались с помощью компьютера [3]. Коэффициенты корреляции между соседними снеголавинными станциями приведены в табл. 1. При количестве синхронных сроков наблюдений за три зимних периода, равном 488, все коэффициенты корреляции оказались значимыми при 5 % уровне значимости. Наиболее тесная связь метеохарактеристик снеголавинного поста «турбаза Алма-Тау» наблюдается со снеголавинной станцией (СЛС) «Шымбулак».

Это объясняется тем, что оба пункта наблюдения расположены в среднегорной лесной зоне северного склона хребта Иле Алатау на близкой к абсолютной высоте над уровнем моря. Здесь наблюдаются идентичные условия лавинообразования и параметры лавиносборов (площадь, крутизна склона, подстилающая поверхность).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции метеопараметров на соседних снеголавинных станциях (период 2008...2011 гг.)

Метеохарактеристика	Пункт наблюдения		
	пост «Турбаза Ал-ма-Тау» – СЛС «Шымбулак»	пост «Турбаза Ал-ма-Тау» – СЛС «озеро Улкен Алматы»	СЛС «озеро Улкен Алматы» – СЛС «Шымбулак»
Высота снега в 9:00 ч на метеоплощадке	0,90	0,85	0,94
Высота снега в 9:00 ч на шурфе	0,72	0,52	0,85
Сумма осадков за сутки	0,49	0,34	0,76
Температура воздуха в 9:00 ч на метеоплощадке	0,96	0,90	0,93

С учетом схожести факторов лавинообразования, представлялось целесообразным применить прогностические графики, разработанные для СЛС «Шымбулак», при прогнозе лавин в районе турбазы «Алма-Тау». Е.И. Колесниковым предложен прогностический график зависимости схода лавин от высоты старого снега на метеоплощадке и количества выпавших осадков, а И.В. Кондрашовым – графики зависимости высоты снега в индикаторных лавиносборах от прироста снега на метеоплощадке [4].

Для того, чтобы оценить эти методы были проанализированы случаи выпадения осадков и случаи схода лавин. Осадки были разделены на «лавинноопасные» и «нелавинноопасные» по методу, предложенному упомянутыми авторами. Всего за исследуемый период времени наблюдалось 45 случаев выпадения осадков. Осадки менее 5 мм не учитывались. Количество осадков суммировалось за весь период выпадения осадков. Наблюдения за сходом лавин проводились визуально. Отсутствие регистратора схода лавин не позволяет определить время схода лавин и оценить время от начала выпадения осадков до момента схода лавин.

Для оценки качества прогноза лавин для турбазы «Алма-Тау» по прогностическому графику СЛС «Шымбулак», была проведена проверка на независимом материале. Использовались данные наблюдений за лавинами и осадками на снеголавинном посту «турбаза Алма-Тау» за период 2008...2011 гг. Общая оправдываемость прогноза составила 67 %. Характеристики осадков приведены в табл. 2. По данным табл. 2 видно, что осадки, сопровождавшиеся сходом лавин, были более интенсивные при примерно одинаковой продолжительности.

Характеристика осадков, разделенная на 2 класса лавиноопасности,
за период 2008...2011 гг.

Класс лавиноопасности	Характеристика осадков					
	Количество случаев	Продолжительность, час	Количество осадков, мм	Прирост снега, см	Интенсивность, мм/час	Интенсивность прироста, см/час
Осадки со сходом лавин	20	67	28	21	0,5	0,4
Осадки без схода лавин	25	60	21	11	0,3	0,2

Учитывая невысокую оправдываемость данного метода и недостаток статистического материала, было принято решение: рассчитать критическое количество осадков, необходимое для схода лавин по универсальному методу, для малоизученных горных районов [5]. Е.И. Колесниковым была построена прогностическая кривая зависимости схода лавин от высоты старого снега и количества осадков. Затем была получена формула, описывающая эту кривую, получены коэффициенты для известных пунктов наблюдений и предложены способы расчета коэффициентов для малоизученных районов. Коэффициенты корреляции между расчетными и фактическими значениями коэффициентов составляют 0,94.

Основой метода прогноза является определение критических значений количества осадков ($X_{кр}$), необходимого для схода лавин в зависимости от высоты старого снега на метеоплощадке перед снегопадом $h_{см}$. Критическое значение осадков определяется по графику или с помощью формулы. Если количество выпавших осадков достигает или превышает критическое значение, то наступает лавинная опасность. Формула для прогноза начальных условий лавинообразования имеет вид:

$$X_{кр(h)} = 50 - K_p \sqrt{h_{см}}, \quad (1)$$

где $X_{кр}$ – критическое количество осадков, необходимое для схода лавин (мм),
 $h_{см}$ – высота старого снега на метеоплощадке (см), K_p – расчетный коэффициент.

Для прогноза массового схода лавин используется формула:

$$X_{кр(м)} = 60 - K_p \sqrt{h_{см}} . \quad (2)$$

Для известных метеорологических и снеголавинных станций коэффициент K_ϕ определен по фактическим значениям. Для малоизученных районов предложены различные формулы и графики по определению K_p [5]. Одна из формул имеет вид:

$$K_p = \frac{396}{h_{\max}} + 0,11, \quad (3)$$

где \bar{h}_{\max} – средняя максимальная высота снежного покрова в данном районе по наблюдениям за несколько лет или по климатическому справочнику по ближайшей метеостанции, (см). Кроме того, для северного склона Илейского Алатау рекомендуется брать эталонное значение коэффициента, равное 4,8. Эталонным считается значение K_ϕ для СЛС «озеро Улькен Алматы».

Линия зависимости для прогноза начальных условий лавинообразования в бассейне реки Котырбулак была построена по формуле (1). Коэффициент K_p рассчитан по формуле (3). Средняя максимальная высота снежного покрова \bar{h}_{\max} , по данным наблюдений по дистанционным снегомерным рейкам за период 2008...2011 гг., равна 90 см. Таким образом формула для расчета $X_{кр(н)}$ (начальные условия лавинообразования) будет иметь следующий вид:

$$X_{кр(н)} = 50 - 4,5\sqrt{h_{см}} . \quad (4)$$

При испытании метода на независимом материале (данные наблюдений за осадками и сходом лавин), при использовании коэффициента $K_p = 4,5$ общая оправдываемость метода составила 73 %, а при использовании коэффициента $K_p = 4,8$ – 71 %. Для сравнения: оправдываемость этого метода для СЛС «Шымбулак» с коэффициентом 5,4 равна 79 %.

Для прогноза массового лавинообразования использована формула (2), с эталонным коэффициентом:

$$X_{кр(м)} = 60 - 4,8\sqrt{h_{см}} . \quad (5)$$

Для удобства работы дежурного сотрудника поста «Турбаза Алма-Тау» составлена инструкция по составлению прогноза лавин. Формулы (4) и (5) внесены в программу «Excel». При внесении в компьютер оператив-

ной информации в срок 9:00 ч местного времени критические величины считаются автоматически. Кроме того, критическое количество осадков можно рассчитать по прогностическому графику, изображенному на рис.

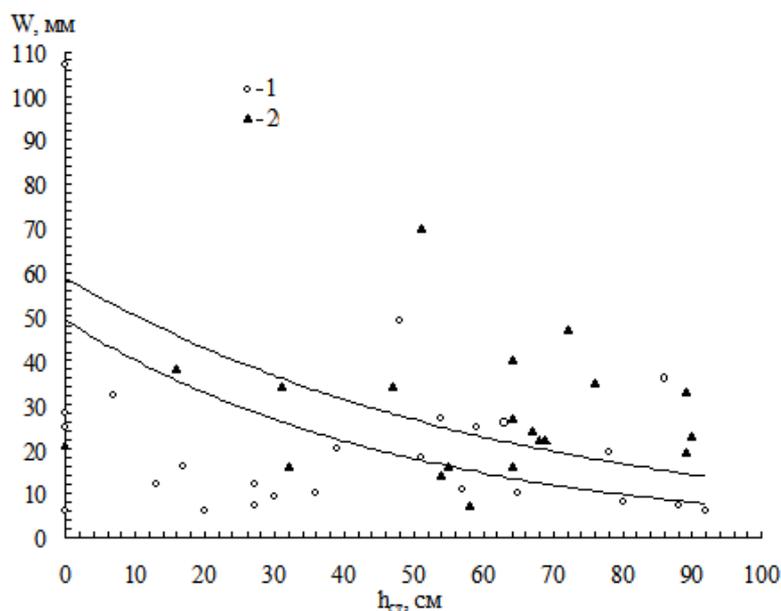


Рис. Зависимость высоты старого снега на метеоплощадке и количества осадков за снегопад. 1 – случаи выпадения осадков без схода лавин, 2 – случаи со сходом лавин. Нижняя линия соответствует критериям начального лавинообразования, верхняя – массовому сходу лавин.

Из-за недостатка информации трудно оценить качество прогноза с использованием верхней линии на графике.

При выпадении осадков дежурный сотрудник обязан наблюдать за ними. Во время интенсивных осадков проводятся учащенные наблюдения. Если количество выпавших осадков приближается к критическому значению и осадки не прекращаются, то наступает период лавинной опасности. Заблаговременность прогноза 1...3 часа. Большинство существующих методов прогноза лавин имеют аналогичную заблаговременность. Этого времени должно хватить для оповещения заинтересованных организаций, и принятия необходимых мер.

ВЫВОДЫ:

1. Для разработки самостоятельного метода прогноза лавин в бассейне реки Котырбулак необходим сбор данных за период 15 лет и более.

Использование универсального метода прогноза для малоизученных горных районов является временной мерой.

2. Общая оправдываемость метода прогноза составила 73 %. Это выше, чем при использовании методов, разработанных для соседних снеголавинных станций и намного выше, чем для фоновых прогнозов лавин.
3. Если производственные испытания метода прогноза в оперативной работе снеголавинного поста «турбаза Алма-Тау» покажут хорошую оправдываемость, его можно рекомендовать для дальнейшего использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по снеголавинным работам. – РГП «Казгидромет». – 2006. – 262 с.
2. Кондрашов И.В. Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. – Л.: Гидрометеоздат. – 1991. – 72 с.
3. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. – М.: Инфра-М, 1998. – 528 с.
4. Практическое пособие по прогнозированию лавинной опасности в Казахстане. – РГП «Казгидромет». – 2005. – 262 с.
5. Колесников Е.И. Способ расчета эмпирических формул для прогноза лавин свежевыпавшего снега в малоизученных горных районах // Ледники, снежный покров и лавины горных районов Казахстана. – Алма-Ата. – 1983. – С. 149-162.

ЦГМ, г. Алматы

ҚОТЫРБҰЛАҚ ӨЗЕНІ АЛАБЫНДАҒЫ ЖАУЫН-ШАШЫНМЕН БАЙЛАНЫСТЫ КӨШКІНДІ БОЛЖАУДЫҢ ЭМПИРИКАЛЫҚ ӘДІСІ

Техн. ғылымд. канд. В.В. Жданов

«Алма-Тау турбаза» жаңа қарқөшкін бекеті үшін көшкінді болжау эмпирикалық әдісі өңделген. Статистикалық мәліметтердің жеткіліксіздігінен аз зерттелген таулы аудандарға арналған болжаудың әдісі ұсынылған. Берілген әдісті өндірістік тәжірибеден өткеннен кейін Қотырбұлақ өзенінің жоғарғы ағысындағы көшкінді болжау үшін ұсынуға болады.