
СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ СНЕЖНЫХ ЛАВИН

А.С. Соловьев, кандидат физико-математических наук;

А.В. Калач, доктор химических наук.

Воронежский институт ГПС МЧС России.

С.И. Шагин, доктор географических наук.

Главное управление МЧС России по Кабардино-Балкарской Республике

Систематизирован статистический материал о самопроизвольных снежных лавинах в Кабардино-Балкарской республике. Получены аналитические выражения для ряда взаимозависимостей, которые могут быть использованы для прогноза и математического моделирования снежных лавин.

Ключевые слова: снег, лавина, горный склон, математическая зависимость

CORRELATION STUDY BETWEEN THE AVALANCHES

A.S. Solovev; A.V. Kalach. Voronezh institute of State fire service of EMERCOM of Russia.

S.I. Shagin. General directorate of EMERCOM of Russia in Kabardino-Balkaria

A systematic statistical data on spontaneous avalanches in the Kabardino-Balkar Republic. The analytical expressions for the number of interdependencies that can be used for mathematical modeling and prediction of avalanches.

Keywords: snow, avalanche, mountain slope, a mathematical relationship

В исследовании физики лавин, оценке их поражающей способности и прогнозировании схода лавин большое значение имеет статистическая информация об уже наблюдавшихся сходах лавин [1]. Цель данной работы – систематизация и статистическая обработка материала о катастрофических самопроизвольных лавинах Кабардино-Балкарской Республики за период с 1970–2012 гг. и использование этой информации для выявления физической природы лавин, прогноза лавинной опасности, а также подготовки исходных данных для последующего математического моделирования снежной лавины.

Для оценки взаимосвязи параметров лавин первоначально были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона [2]. Наиболее существенная корреляция ($r=0,91$) наблюдается между высотой падения лавины и длиной ее пробега. С точки зрения физики лавин действительно между этими показателями должна быть линейная связь. Экспериментальные точки зависимости $L(h)$ довольно близки к прямой линии (рис. 1). Аппроксимирующая прямая имеет уравнение: $L(h)=(2,29 \pm 0,12) \cdot h$.

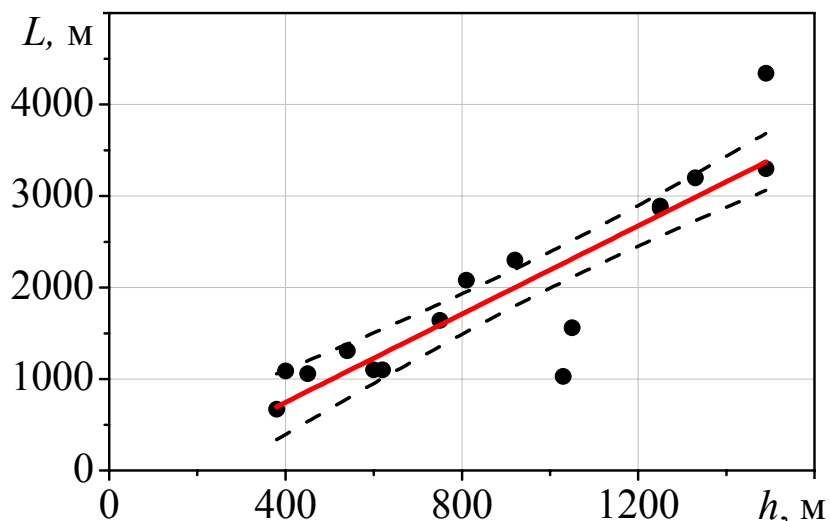


Рис. 1. Влияние высоты падения лавины h на длину ее пробега L

Необходимо отметить наличие еще двух сильных прямых корреляций между максимально возможным объемом лавины V_{\max} и длиной пробега L лавины ($r=0,62$), а также высотой падения h лавины ($r=0,75$). Объяснением этому может служить то, что объем снежной массы, собираемой лавиной, тем больше, чем большее расстояние проходит лавина и чем с большей высоты она спускается. Математически эти зависимости описываются следующими уравнениями:

$$V_{\max}(L)=(0,153 \pm 0,037) \cdot L - (116 \pm 77),$$

$$V_{\max}(h)=(2,1 \pm 3,3) \cdot 10^4 \cdot h^2 + (0,04 \pm 0,56) \cdot h - (36 \pm 209).$$

Проанализируем наиболее сильные обратные корреляции. Объем сходящей снежной массы V уменьшается с увеличением угла склона α , о чем свидетельствует отрицательный коэффициент корреляции ($r=-0,58$), а также график на рис. 2.

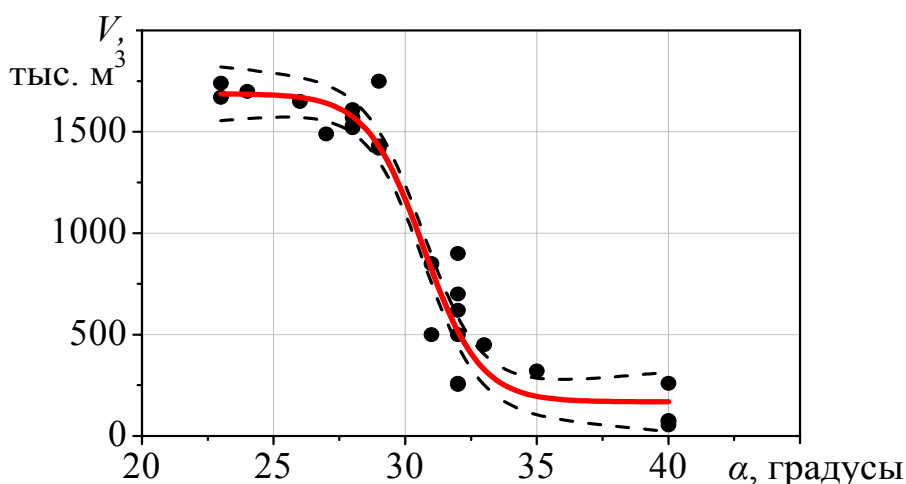


Рис. 2. Влияние угла склона α на объем сходящей снежной массы V

С увеличением угла склона лавины сходят чаще, из-за чего снежная масса меньше накапливается, поэтому объем каждой сходящей лавины меньше, при меньшем угле склона.

В качестве аналитической функции, пригодной для описания данной зависимости, может быть использована функция типа «размытая ступенька» (или «сигмоидальная функция»):

$$F(x) = F_2 + \frac{F_1 - F_2}{1 + e^{-\frac{x-x_0}{d}}},$$

где F_1 и F_2 – начальное и конечное значения функции; d – коэффициент быстроты возрастания функции; x_0 – точка перегиба сигмоидальной функции Больцмана.

Определение параметров F_1 , F_2 , x_0 , d функции Больцмана выполнено методом наименьших квадратов [2]. В результате аппроксимации получена следующая аналитическая формула:

$$V(\alpha) = 139 + \frac{4,3 \cdot 10^6 - 139}{1 + e^{-\frac{\alpha - 12,2}{2,12}}},$$

где α измеряется в градусах; V измеряется в тысячах м³.

Отрицательная корреляция наблюдается также между высотой падения и частотой схода лавин ($r=-0,50$). Это свидетельствует о том, что масштабные лавины с большой высотой падения и длиной пробега случаются реже, чем лавины меньшего масштаба. Отрицательная корреляция примерно такого же уровня ($r=-0,50$) обнаружена между максимальным объемом снежной массы V_{\max} и углом экспозиции в горизонтальной плоскости ε . Причина такой зависимости в том, что на северных склонах солнечный нагрев снежной массы минимален, соответственно минимально таяние и сползание снега, поэтому снежная масса на северных склонах накапливается в большем объеме, чем на склонах других направлений.

От угла экспозиции ε зависит также частота схода лавин f . Линейная аппроксимация табличных данных позволила получить следующую формулу:

$$f(\varepsilon) = -(0,0103 \pm 0,0049) \cdot \varepsilon + (2,42 \pm 0,61),$$

где ε измеряется в градусах; f измеряется в разгах в год.

Наибольшая частота схода лавин наблюдается на склонах, ориентированных в северном направлении. Аналогичная зависимость характерна и для максимального объема лавины:

$$V_{\max}(\varepsilon) = -(8,27 \pm 4,15) \cdot \varepsilon + (1691 \pm 520).$$

Причина этого, как и в предыдущем случае, в том, что на северном склоне значительно интенсивнее происходит накопление снежной массы по отношению к другим направлениям.

Как и следовало ожидать, частота схода лавины слабо зависит от высоты падения снежной массы:

$$F(h) = -(0,0012 \pm 0,0010) \cdot h + (2,45 \pm 1,07).$$

Обобщая изложенный материал, можно сформулировать следующие выводы. Выявлены корреляции между рядом параметров снежных лавин, и получены выводы относительно физической сути взаимосвязи параметров. Получены аналитические формулы, связывающие основные параметры снежных лавин. Построена карта прогноза лавинной

опасности. Полученные в результате статистической обработки сведения могут быть использованы для повышения степени приближенности к реальности математической модели зарождения и схода снежной лавины.

Литература

1. Лебедев О.М., Соловьев А.С., Калач А.В. Мониторинг рисков возникновения и способы предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных со сходом снежных лавин // Проблемы управления рисками в техносфере. 2012. № 2 (22). С. 44–50.
2. Орлов А.И. Прикладная статистика. М.: Экзамен, 2006.