

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ И ИНТЕНСИВНОСТИ КАСКАДОВ ЛАВИН

Описывается лавинный каскад, предлагаются модели для определения характеризующих его величин. Такими величинами являются интенсивность и мощность. Разрабатывается их классификация и строится математическое обоснование их расчета.

Введение

Снежные лавины – неотъемлемый элемент горного ландшафта. Они являются продуктом комплекса физико-географических условий горной местности. Лавина представляет собой быстрое стремящееся вниз смещение объемов снега на наклонной плоскости. Они трудно предсказуемы и достаточно часто влекут разрушительные последствия.

Лавину можно изучать относительно трех взаимозависимых понятий [1]:

- как ситуация: характеризуется датой (временем схода) и главными потерями (человеческие жертвы и материальные убытки),
- как физическое явление: изучение значения характеристик (скорость, плотность, мощность и интенсивность) в соответствии с типом лавины,
- как риск: определение места и частоты схода лавин.

В тематике изучения лавинной опасности особое место занимает понятие каскада лавин. Сложность изучения данного явления связана с малопрогнозируемыми многократными сходами лавин в определенном лавинном очаге. Поскольку лавинные каскады являются скоротечными событиями, их последствия намного опаснее единоразового лавинного схода и носят катастрофический характер.

1. Определение лавинного каскада

Исследования статистики, полученной из отчетов снеголавинной станции ИТАГАР республики Кыргызстан, которые содержат данные за 2001-2005 годы, позволяют сделать вывод о том, что функция распределения схода лавин в течение года имеет экспоненциальный характер. Функция распределения количества сошедших лавин представлена на рис. 1.

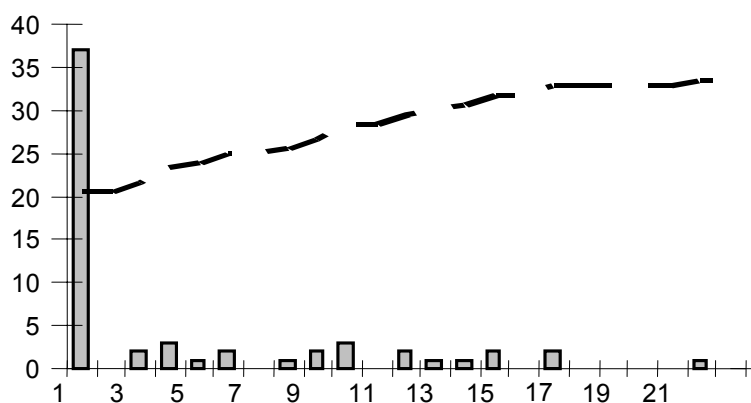


Рис. 1. Функция распределения схода лавин

Лавиноопасная ситуация представляет собой совокупность лавинообразующих факторов [2, 3] X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 , где X_1 – температура воздуха, X_2 – влажность воздуха, X_3 – скорость ветра, X_4 – количество выпавших осадков, X_5 – угол склона горы, плотности распределения которых относятся к семейству нормальных распределений [4].

Таким образом, наличие каскадов связано с совокупностью значимых лавинообразующих факторов, вероятность появления которых превышает заданный порог за исследуемый период времени.

Каскадом лавин будем называть последовательный сход лавин на протяжении определенного периода времени (неделя, декада, месяц). Каскад имеет следующие качественные характеристики: интенсивность и мощность схода.

Под интенсивностью каскада будем понимать частоту схода лавин за определенный промежуток времени. А мощностью каскада назовем количество сошедшего снега во время лавины.

2. Интенсивность каскада лавин

При исследовании интенсивности каскадов важной характеристикой является временной период, который показывает разницу последовательного схода двух лавин. Чем больше этот временной период, тем менее интенсивным является каскад. Согласно [5] в табл. 1 представлены градации лавинной интенсивности.

Таблица 1
Градации лавинной активности

Повторяемость лавин	Число очагов на 1 км дна долины		
В среднем в очаге, шт./год	Более 5	5-1	Менее 1
Более 1	Высокая		
1 – 0,1		Средняя	
Менее 0,1			Низкая

Согласно анализу данных табл. 1 была разработана следующая классификация интенсивности каскадов лавин:

- не интенсивный;
- малоинтенсивный;
- среднеинтенсивный;
- интенсивный;
- очень интенсивный.

Таким образом, критерием определения интенсивности может служить площадь пересечения двух плотностей распределений, характерных для двух последовательно идущих лавин. Для практической реализации результатов исследования по интенсивности каскадов лавин в задаче прогнозирования лавинной опасности необходимо ввести классификацию интенсивности лавинных каскадов.

Каскад лавин представляет собой условную вероятность $P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$ появления

двух и более лавиноопасных событий в заданный интервал времени. Лавиноопасное событие наступает тогда, когда хотя бы один из лавинообразующих факторов (количество выпавших осадков, мощность снежных горизонтов или скорость ветра) достигает своих критических значений. Поэтому степень интенсивности лавины будем определять как размер площади пересечения двух условно вероятностных событий. На рис. 2 графически представлена классификация степени каскадов. Если площадь пересечения двух событий стремится к нулю $P_1(x) \cap P_2(x) \rightarrow 0$, то каскад является неинтенсивным. Если площадь пересечения намного меньше симметрической разности событий

$$P_1(x) \cap P_2(x) \ll P_1(x) \Delta P_2(x),$$

то каскад малоинтенсивный, при $P_1(x) \cap P_2(x) < \frac{1}{2} P_1(x) \Delta P_2(x)$ будем считать, что каскад среднеинтенсивный. Когда площадь пересечения двух условно вероятностных событий будет колебаться в интервале от половины до полной площади симметрической разности

$$\frac{1}{2} P_1(x) \Delta P_2(x) < P_1(x) \cap P_2(x) < P_1(x) \Delta P_2(x),$$

то каскад интенсивный, и, наконец, если площадь пересечения будет намного больше площади симметрической разности этих событий $P_1(x) \cap P_2(x) \gg P_1(x) \Delta P_2(x)$ – каскад очень интенсивный.

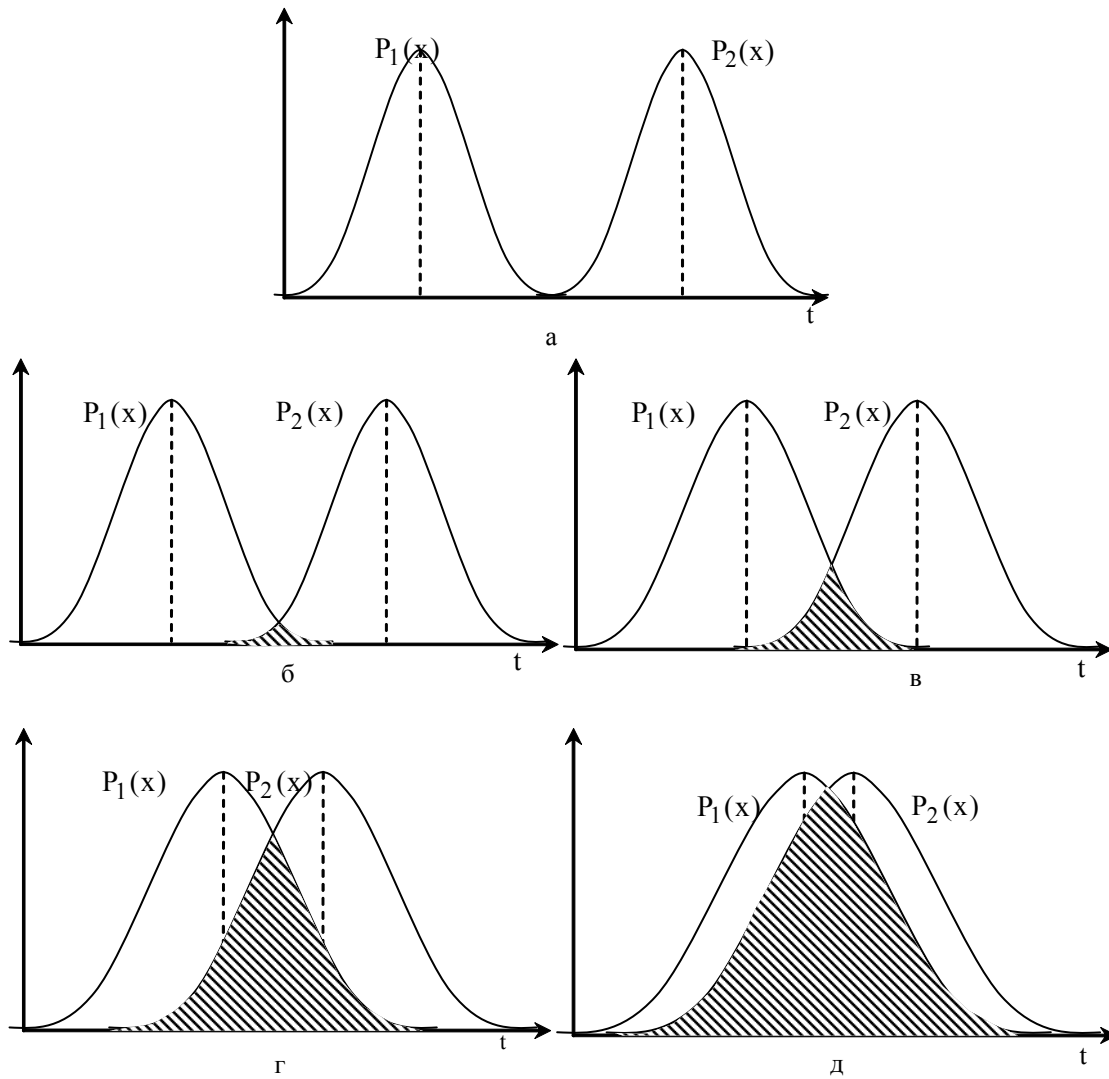


Рис. 2. Классификация интенсивности каскадов

3. Мощность каскадов

Для определения мощности снежных каскадов главными характеристиками являются толщина снежного покрова и количество выпавшего снега. Согласно европейской шкале лавинной опасности [1, 6] была предложена классификация мощности лавинного каскада, которая представлена в табл. 2.

Таблица 2
Классификация мощности каскада

	Степень мощности каскада	Физические параметры
1	Не мощный	Поврежденная территория: ~0.2 га Объем сошедшего снега: ~ 100 м ³
2	Маломощный	Поврежденная территория: ~1 га Объем сошедшего снега: ~ 1000 м ³
3	Среднемощный	Поврежденная территория: ~5 га Объем сошедшего снега: ~ 10 000 м ³
4	Мощный	Поврежденная территория: ~20 га Объем сошедшего снега: ~ 80 000 м ³
5	Очень мощный	Поврежденная территория: ~50 га Объем сошедшего снега: ≥ 400 000 м ³

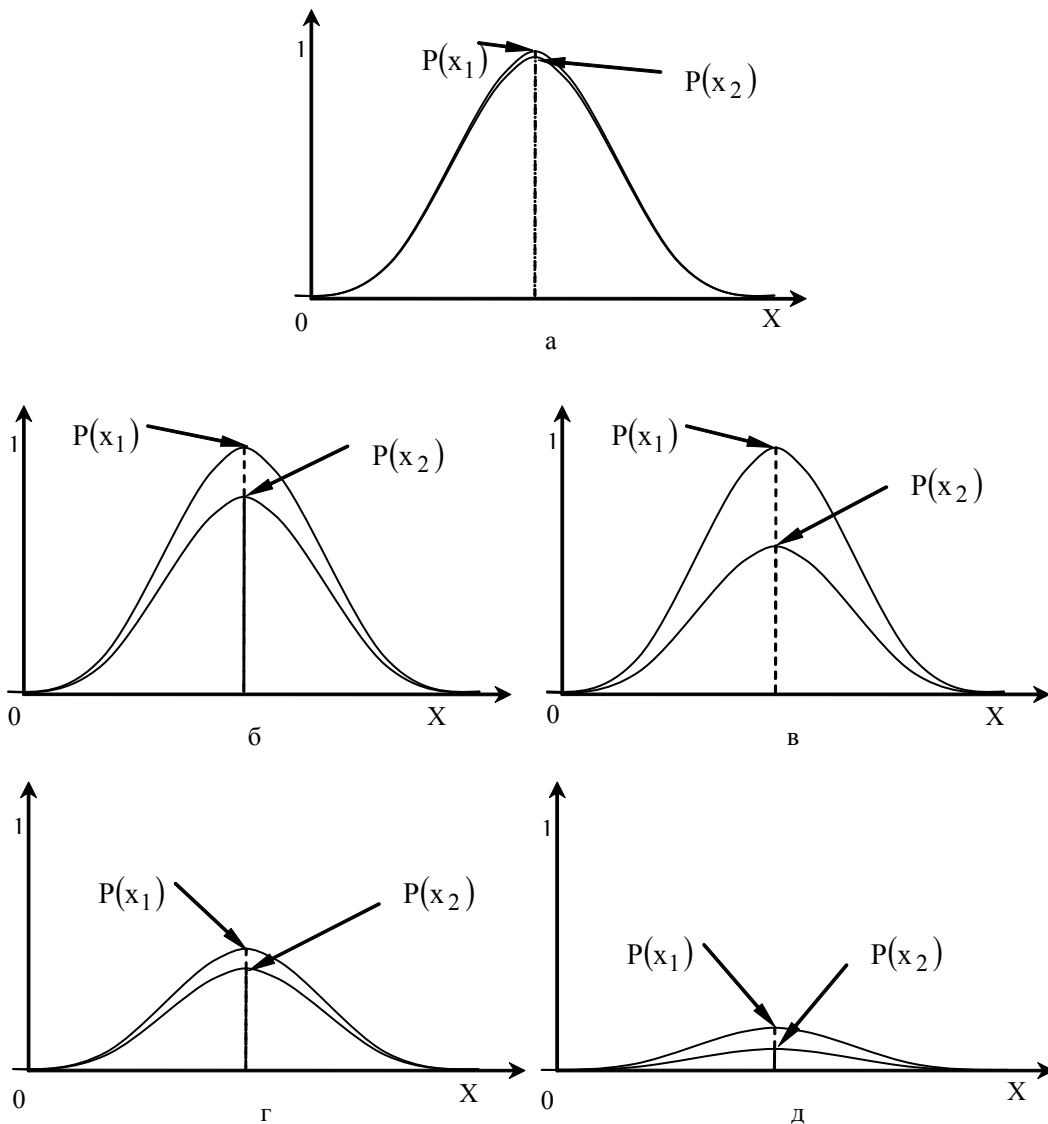


Рис. 3. Классификация мощности каскадов

На рис. 3 дана графическая интерпретация классификации мощности каскада. Ось ОХ представлена набором лавинообразующих факторов:

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_1, X_2, X_4, X_5, X_1, X_2, X_3, X_2, X_3, X_5, X_2, X_3, X_4, X_5,$$

а ось ОУ представляет собой нормированные значения толщины снежного покрова.

Чем ближе к единице значения толщины снежного покрова, тем больше степень мощности каскада лавин, и соответственно, чем меньше значение толщины покрова, тем менее мощный каскад.

Исходя из приведенной выше классификации мощности каскада, представленной в табл. 2, рис. 2, а соответствует очень мощному каскаду, рис. 2, б – мощному каскаду, рис. 2, в – каскаду средней мощности, рис. 2, г соответствует маломощному каскаду и рис. 2, д – не мощному каскаду. Как можно заметить из рис. 1, а-д физический смысл математического ожидания может быть интерпретирован как толщина снежного покрова.

Выводы

Исследован процесс образования и схода лавинных каскадов. Каскад лавин представляет собой неконтролируемое и самопроизвольное обрушение снежных масс последовательно за короткий промежуток времени. В связи с этим сформулированы величины, которые позволяют формализовать лавинный каскад. Такими величинами являются интенсивность и мощность. Предложены модели определения и классификации величин лавинного каскада. Интенсивность определяется площадью пересечения двух и более условно вероятностных лавиноопасных событий, а для изучения мощности необходимо исследовать математическое ожидание плотности распределения толщины снежного покрова.

Список литературы: 1. *Rapin F.* A new scale for avalanche intensity. International Snow Science Workshop, 2002. Vol.2. P. 103-110. 2. *Antonia Zeidler, Bruce Jamieson* Computer assisted avalanche forecasting: skier-triggered avalanches // *Annals of Glaciology*. 2004. Vol. 38. P. 224-231, 3. *McClung, D.M.* (2002a) "The Elements of Applied Avalanche Forecasting Part I: The Human Issues." *Natural Hazards* Vol. 25: 111-129. 4. *Дяченко О.Н., Куземин А.Я., Ляшенко В.В., Тороев А.А.* Ситуационная модель построения лавиноопасных и нелавиноопасных микроситуаций // Математичні методи обробки даних. 2007. № 10. С. 67–74. 5. *География лавин* /Под ред. Мягкова С.М., Канаева Л.А. Изд-во МГУ, 1992. 331 с. 6. *Kuzemin A., Dyachenko O., Fastova D.* Information supply of geo-information systems for the forecasting problem of the avalanche danger // Proc. of the Fifth International Conference i.TECH. Sofia. Bulgaria: ITHEA. 2007. V.2. P. 289-293.

Поступила в редколлегию 19.06.2007

Дяченко Олеся Николаевна, аспирантка кафедры информатики ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел.: 8 (057)702-15-15, e-mail: kuzy@kture.kharkov.ua.