

8. *Атаев З.В., Абдулаев К.А., Братков В.В.* Ландшафтное разнообразие Высокогорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2007. № 2. С. 104-112.

9. *Братков В.В., Абдулаев К.А., Атаев З.В.* Ландшафты горного Дагестана // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2007. № 5. С. 78-81.

10. *Братков В.В., Атаев З.В., Абдулаев К.А.* Ландшафты Горного Дагестана // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2007. № 5. С. 78-82.

11. *Магомедов А.М., Атаев З.В.* Влияние орографии на климатические условия Богосского горного массива на Восточном Кавказе // Труды Географического общества Республики Дагестан. 2005. Вып. 33. С. 164-165.

12. *Шихамирова У.А., Атаев З.В., Атаева (Магомедова) А.З.* Влияние орографических особенностей Горного Дагестана на климатические условия и ландшафтные комплексы // Труды Географического общества Республики Дагестан. 2002. Вып. 30. С. 64-70.

13. *Акаев Б.А., Атаев З.В.* Современные геоморфологические процессы и их влияние на формирование рельефа Дагестана // Труды Географического общества Республики Дагестан. 1999. Вып. 27. С. 55-57.

14. *Атаев З.В.* Ландшафты Высокогорного Дагестана и их современное состояние // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2007. №1. С. 90-99.

15. *Атаев З.В.* Ландшафтно-экологические особенности Высокогорного Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2011. № 3 (7). С. 9-16.

**Z.V. Ataev**

## **OROGRAPHY OF EASTERN CAUCASIAN HIGH MOUNTAINS**

In the article the basic orographical elements of Eastern Caucasian high mountains in long-term field forwarding researches of the author are in details analyzed.

**К е у в о р д s:** high mountains, a ridge; orography; modern exogenous processes; the Eastern Caucasus; High-mountainous Dagestan; the Main Caucasian (Water separate) ridge; the Bokovoy ridge.

УДК 911.375.4:656(470.620)

**Е.О. Канонникова**

## **ОЦЕНКА ЛАВИННОГО РИСКА ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ И РЕКРЕАЦИОННЫХ ГЕОСИСТЕМ В БАССЕЙНЕ Р. МЗЫМТА (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)**

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: poisk@psu.ru

Рассматривается освоение гор в окрестностях Красной поляны в связи с проведением зимних Олимпийских игр 2014 г. в г. Сочи. Дана характеристика лавинной активности нижнего и среднего течения р. Мзымта в Краснодарском крае. Описана методика расчета лавинного риска. Рассчитана степень риска для транспортных и площадных рекреационных геосистем. Составлена карта лавинного риска.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** лавины; лавинный риск; транспортные геосистемы; рекреационные геосистемы.

В связи с интенсивным освоением гор в окрестностях Красной поляны, вызванным проведением зимних Олимпийских игр 2014 г. в г. Сочи, оценка лавинной опасности весьма актуальна. Развитие горнолыжного и горноклиматического курорта Красная поляна связано с прокладкой новых дорог, трасс энергоснабжения, возведением новых зданий и сооружений в горной местности, что нередко сопряжено с риском ущерба от лавин.

Большая часть лавиноопасных ландшафтов находится в неосвоенной части Северо-Западного Кавказа, в стороне от населённых пунктов. Это территории Кавказского государственного природного биосферного заповедника, Сочинского государственного национального парка, природного парка «Большой Тхач», Сочинского государственного федерального заказника и других особо охраняемых природных территорий.

Наиболее масштабным исключением является долина р. Мзымта в среднем и нижнем течении, где человек и лавина сталкиваются ежегодно, что нередко приводит к трагическим последствиям.

Воздействие снежных лавин в связи с рекреационным освоением в долине р. Мзымта будет возрастать по мере расширения границ освоения и развития инфраструктуры. Одним из главных элементов рекреационной системы являются рекреанты и местное население, перемещение которых производится в рамках организованного туризма или по личной инициативе, что трудно регламентировать. Рекреационное развитие способствует увеличению числа туристов, которые находятся на склонах и могут оказаться в лавиноопасной зоне или сами становятся первопричиной нарушения устойчивости снежного покрова и формирования лавин.

Для оценки риска на локальном уровне охарактеризуем кратко лавинный режим и лавинную активность в бассейне р. Мзымта. Согласно методике районирования горных регионов по типам лавинного режима [3] общий тип лавинообразования в нижнем и среднем течении р. Мзымты – южный. Продолжительность лавиноопасного периода – около 5 месяцев, с середины ноября до середины апреля. Повторяемость лавин составляет от единиц до нескольких в год. Объёмы лавин колеблются от нескольких тысяч до ста тысяч кубических метров. На склоне хребта Аибга более 50% лавин – мокрые, весеннего адвекционного снеготаяния. Как правило, они сходят в марте – апреле, а также возможны в январе – феврале при оттепелях. Преобладание этого типа лавин характерно для всего южного макросклона Кавказа. Они имеют наибольшие объёмы и дальности выброса, нередко проникают через лес на дно долины. Сухие зимние лавины – достаточно распространенное явление в бассейне р. Мзымта. На их долю приходится около 30% всех сошедших снежных лавин. Сухие лавины связаны, прежде всего, с интенсивными холодными снегопадами, которые дают до 80 см прироста снега в сутки. В высокогорном поясе снегопады нередко сопровождаются сильными ветрами и метелями, что способствует формированию метелевых лавин.

Общая структурная формула лавинного риска для локальной (региональной) оценки по методике Ю.Б. Андреева и А.Н. Божинского [1–5] для *транспортных геосистем* может быть представлена в виде:

$$R = \alpha m k \omega (l/u) q j,$$

где  $R$  – показатель риска, жертв/год;

$\alpha$  – доля лавиноопасного времени в графике транспорта;

$k$  – вероятность достижения дороги лавиной;

$\omega$  – повторяемость лавин, 1/год;

$m$  – число лавиносборов с одинаковой повторяемостью лавин на рассматриваемом участке;

$l$  – средняя длина опасных участков, км;

$u$  – средняя скорость транспорта на участке, км/час;

$q$  – среднее число пассажиров в усредненном транспортном средстве;

$j$  – поток автомобилей, 1/час.

Когда на каком-либо опасном участке дороги имеются лавиносборы с существенно различной повторяемостью лавин и с различной длиной опасных участков, то вместо  $m k \omega l$  применяется выражение

$$\sum_{i=1}^m k_i \omega_i l_i$$

С использованием вышеуказанной методики на основе исходных материалов были получены соответствующие оценки риска для лавиноопасных участков транспортной геосистемы Адлер – Красная поляна – Пслух (табл. 1). Расчет показал, что для транспортной геосистемы Адлер – Красная поляна – Пслух риск от лавин составляет от 5 до 20 жертв за 100 лет.

Таблица 1

**Степень лавинного риска транспортной геосистемы  
Адлер – Красная Поляна – Пслух**

№ п/п	Участок	Показатель								
		<i>m</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>k</i>	$\omega$	$\alpha$	<i>q</i>	<i>j</i>	<i>R</i>
1	Южный портал Большого тоннеля	1	0,03	60	1	1	0,4	6	95	$12 \times 10^{-3}$
2	За 4-м тоннелем	1	0,05	60	1	1	0,4	6	95	$2 \times 10^{-2}$
3	Чвижепсе	1	0,04	60	1	1	0,4	6	95	$15 \times 10^{-3}$
4	Между тоннелями	1	0,05	60	1	1	0,4	6	95	$11 \times 10^{-3}$
5	р. Сулимовская	1	0,12	60	1	1	0,4	6	30	$1 \times 10^{-2}$
6	От р.Сулимовская в сторону источника	1	0,04	60	1	1	0,4	6	30	$5 \times 10^{-3}$
7	От р.Сулимовская в сторону источника	1	0,18	60	1	1	0,4	6	30	$2 \times 10^{-2}$
8	От р.Сулимовская в сторону источника	1	0,17	60	1	1	0,4	6	30	$2 \times 10^{-2}$

Формула площадных объектов, адаптированная для расчета лавинного риска *рекреационных геосистем* (горнолыжных комплексов) по методике Ю.Б. Андреева и А.Н. Божинского, представлена в следующем виде:

$$R = \delta \gamma m \beta N,$$

где  $\delta$  – вероятная доля посетителей горнолыжного комплекса, находящихся в лавиноопасный период на территории, от общей вместимости комплекса;

*N* – вместимость горнолыжного комплекса;

$\beta$  – вероятность нахождения людей в месте схода лавины;

$\gamma$  – частота пересечения лавинами территории горнолыжного комплекса, 1/год;

*m* – число лавиносборов на рассматриваемом участке.

С использованием методики Ю.Б.Андреева и А.Н. Божинского рассчитана степень риска для рекреационных геосистем (табл. 2).

Таблица 2

**Степень риска для рекреационных геосистем  
(по методике Ю.Б.Андреева и А.Н.Божинского)**

Рекреационные геосистемы	Показатель					
	$\delta$	<i>N</i>	$\beta$	$\gamma$	<i>m</i>	<i>R</i>
«Альпика-сервис»	0,5	8000	0,5	1	4	$8 \times 10^3$
«Роза-Хутор»	0,5	10500	0,5	1	5	$13 \times 10^3$
«Горная карусель»	0,5	12000	0,5	1	5	$15 \times 10^3$
«Лаура»	0,5	10000	0,5	1	3	$7,5 \times 10^3$

Оценка риска *R* (при  $\delta \sim 0,5$  и  $\beta \sim 0,5$ ) рекреационных геосистем получилась равной: для «Альпика-сервис» – 8000 жертв/год, для «Роза-Хутор» – порядка 13000 жертв/год, для горнолыжного комплекса «Горная карусель» – 15000 жертв/год, для «Лаура» – 7500 жертв/год (табл. 2). Данные цифры свидетельствуют, что пренебрежение лавинной опасностью может повлечь за собой колоссальные жертвы и ущерб. Следует отметить, что полученные значения риска были рассчитаны с учётом полной завершённости строительства олимпийских объектов и максимальной загруженности рекреаци-

онных комплексов. На сегодняшний день эти показатели пропорционально меньше и соответствуют, например, для геосистемы «Горная карусель» при завершённости строительства 70% и загруженности курорта 40% –  $5 \times 10^3$  жертв в год.

Количественный риск для **площадных рекреационных геосистем** можно рассчитать по методике В.П. Благовещенского [5].

Количественно риск определяется произведением вероятности события на его последствия и выражается в виде числа жертв или суммы ущерба на данной территории за определенный период времени, обычно за год. Для оценки лавинного риска необходимо, прежде всего, знать вероятность поражения лавинами людей или хозяйственных объектов на данной территории (удельный лавинный риск). Он определяется распространенностью лавиноопасных участков, вероятностью лавинообразования на них и разрушительной силой лавин. Распространенность лавиноопасных участков выражается их долей в общей площади территории, или коэффициентом лавинной опасности  $K$  [6], который, в свою очередь, зависит от расчлененности рельефа, залесенности склонов и экспозиционных различий заснеженности [5]. Вероятность лавинообразования показывает, с каких склонов сходят лавины в течение зимнего периода. Для нее установлена зависимость от крутизны склона и толщины снежного покрова:

$$p(a) = 0,8 / (1 + \exp(33 - 57 \operatorname{tg} a)),$$

$$p(h) = 0,8 / (1 + \exp(4,9 - 4,1 h)),$$

где  $a$  — крутизна склона, град.,  $h$  — толщина снежного покрова, м. Вероятность лавинообразования  $P = p(a)p(h)$ .

Поражающая сила лавин возрастает с увеличением их объема. Статистика несчастных случаев от лавин в Швейцарии показывает [1], что из числа попавших в лавину объемом  $100 \text{ м}^3$  погибает 2 чел. из 100. В лавине объемом  $1000 \text{ м}^3$  погибает уже 80 чел. из 100. Зависимость вероятности гибели людей от объема лавины  $V (\text{м}^3)$  имеет вид

$$p(l) = 0,95 / (1 + \exp(13,6 - 5 \lg V)).$$

Рассчитаем степень лавинного риска для рекреационных геосистем «Альпика-сервис», «Роза-Хутор» и «Горная Карусель». Здесь при средней крутизне склонов  $40^\circ$  и толщине снежного покрова 2 м вероятность лавинообразования на лавиноопасных склонах равна 0,81. Коэффициент лавинной опасности территории – 0,8. Таким образом, вероятность попадания человека в лавину на данной территории будет равна  $0,81 \times 0,8 = 0,65$ . Средний объем лавин, характерных для этой территории, составляет около  $20000 \text{ м}^3$ . Вероятность гибели людей в такой лавине составляет 0,9. Следовательно, величина удельного лавинного риска  $r (л)$  здесь будет равна  $0,65 \times 0,9 = 0,6$ .

Для рекреационной геосистемы «Лаура» при средней крутизне склонов  $35^\circ$  и толщине снежного покрова 2 м вероятность лавинообразования на лавиноактивных склонах равна 0,64. Коэффициент лавинной опасности территории – 0,7. Таким образом, вероятность попадания человека в лавину на данной территории будет равна  $0,64 \times 0,7 = 0,45$ . Средний объем лавин, характерных для этой территории, около  $15000 \text{ м}^3$ . Вероятность гибели людей в такой лавине составляет 0,8. Следовательно, величина удельного лавинного риска  $r (л)$  здесь будет равна  $0,45 \times 0,8 = 0,4$ .

Риск гибели людей от лавин  $R (л)$  определяется произведением удельного риска на количество людей  $N$ , находящихся на этой территории (табл. 3).

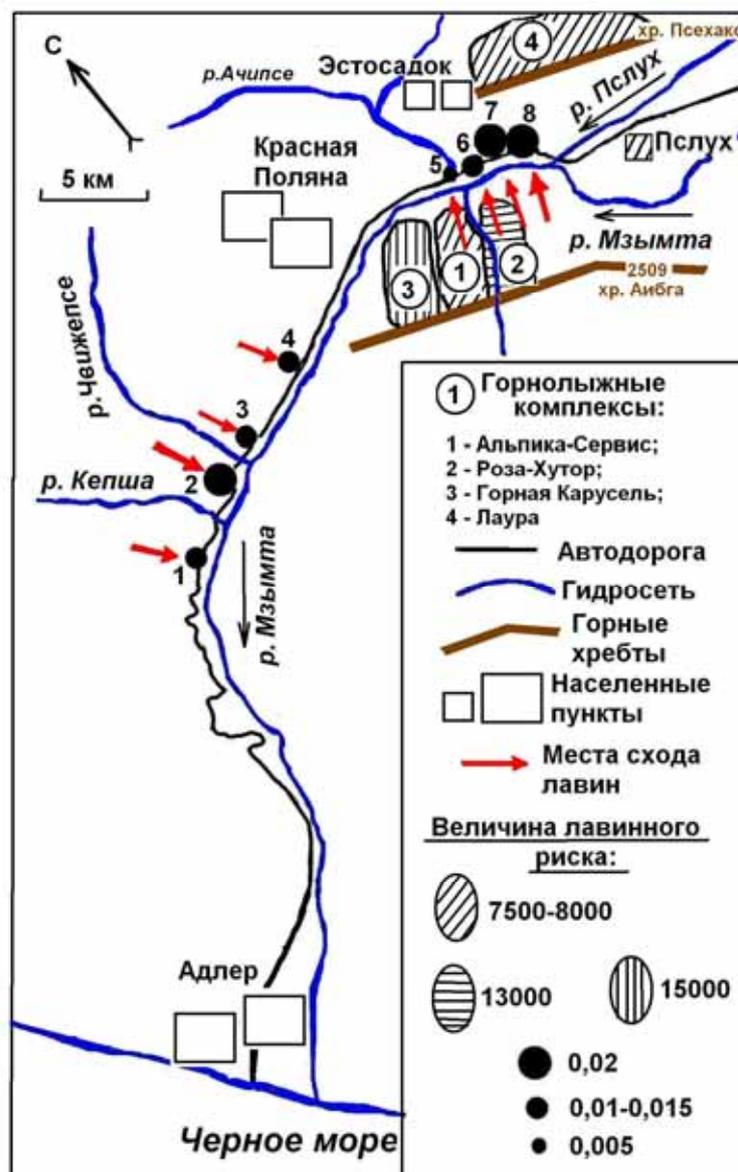
Таблица 3

Степень риска для рекреационных геосистем по методике В. П. Благовещенского

Рекреационная геосистема	Показатель		
	N	r (л)	R
«Альпика-сервис»	8000	0,6	$4,8 \times 10^3$
«Роза-Хутор»	10500	0,6	$6,3 \times 10^3$
«Горная карусель»	12000	0,6	$7,2 \times 10^3$
«Лаура»	10000	0,4	$4,0 \times 10^3$

Таким образом, если на горных курортах зимой постоянно будет находиться указанное выше число людей, то пренебрежение лавинной опасностью может привести к гибели от 4 до 7 тыс. чел. за лыжный сезон. Риск, рассчитанный по двум разным методикам, имеет близкие значения, что подтверждает приемлемость обоих подходов.

На основе расчётов составлена карта лавинного риска (рисунок). Знание количественных показателей риска позволяет ставить вопрос об управлении лавинным риском. При этом возможно рассмотрение как на локальном, так и на глобальном уровнях. На локальном уровне необходима разработка блок-схемы управления лавинным риском. Входными данными системы являются снегометеорологические параметры, а также информация «антропогенного» свойства, связанная с интенсивностью туризма, движением транспорта, строительством объектов и т. д. На выходе получается оперативная оценка риска для различных участков региона.



Карта лавинного риска бассейна р. Мзымта

Пребывание людей в горах, рекреационная и иная хозяйственная деятельность на лавиноопасных территориях всегда сопряжены с определенным риском. Если лавинная опасность в горах существует независимо от деятельности людей, то лавинный риск возникает только в том случае, когда человек использует лавиноопасные ландшафты. Чем больше людей присутствует в горах и чем больше там расположено хозяйственных объектов, тем больше величина лавинного риска при одних и тех же показателях лавинной опасности.

**Библиографический список**

1. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н. Оценка лавинного риска в горах // Вестник Моск. ун-та. Сер.5. География. 1994. № 2. С. 57-61.
2. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н. Проблемы оценки и картографирования природного риска // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1996. № 3. С. 75-78.
3. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н. Оценка риска от лавин и селей// Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2006. № 6. С. 39-51.
4. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н., Сидорова Т.Л. Методика картографирования вероятного ущерба от лавин и селей // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1997. № 5. С. 67-69.
5. Благовещенский В.П. Оценка лавинного риска // Материалы гляциологических исследований. Вып. 82. М.: Ин-т географии РАН, 1997. С. 165-167.
6. Северский И.В., Благовещенский В.П. Оценка лавинной опасности горной территории. Алма-Ата, 1983. 220 с.
7. Andreev Y.B., Bozhinsky A.N., Sidorova T.L. // Avalanche and mudflow risk mapping methods for road traffic and population. Internationale Symposion INTERPRAEVENT 2000.Villach Oesterreich, Tagungspublikation. Band 2. Seite 181–188.

*Е.О. Канонникова*

**AVALANCHE RISK EVALUATION FOR VEHICLES  
AND RECREATIONAL GEOSYSTEMS BASIN R. MZYMTA (NORTH-WEST CAUCASUS)**

Mountains in the vicinity of Krasnaya Polyana intensively being developed in connection holding the Winter Olympic Games 2014 in Sochi. Avalanche activity of the lower and middle reaches of the river Mzymta described in the Krasnodar region. Methods of calculating the avalanche risk is described. The risk is calculated for the transport and area recreational Geosystems. Map of avalanche risk is made.

**К е у в о р д с :** avalanche; avalanche risk; transport Geosystems; recreational Geosystems.

УДК 556.537

**Г.В. Лобанов, А.В. Полякова, М.А. Новикова, Б.В. Тришкин, Д.С. Кузнецов**

**ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ КАК  
ФАКТОРА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ (НА ПРИМЕРЕ  
БАССЕЙНА ВЕРХНЕГО ДНЕПРА)**

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского,  
241036, г. Брянск, ул.Бежицкая, 14; e-mail: [Lobanov\\_grigorii@mail.ru](mailto:Lobanov_grigorii@mail.ru), [slavyanka56@mail.ru](mailto:slavyanka56@mail.ru),  
[nov3517@mail.ru](mailto:nov3517@mail.ru), [pyramyd@mail.ru](mailto:pyramyd@mail.ru), [geobgu@mail.ru](mailto:geobgu@mail.ru)

Рассмотрены теоретические проблемы оценки прочностных характеристик грунтов как фактора руслового процесса. Предложены подходы к моделированию устойчивости пойменно-русловых комплексов при разных сочетаниях гидрологических и геолого-геоморфологических факторов.

**К л ю ч е в ы е с л о в а :** пойменно-русловые комплексы; устойчивость русел; горизонтальные деформации русла; сопротивление грунтов размыву; подповерхностная георадиолокация.

Прочностные характеристики грунтов рассматривают в теории руслового процесса как фактор, влияющий на скорость и направление горизонтальных деформаций русла. Теоретически обоснована обратная зависимость интенсивности деформаций от устойчивости грунтов берегового уступа, но реальная динамика русел имеет менее определённый характер. Скорость деформаций на отрезках те-