

Прикладные проблемы

УДК 504.058

Антропогенное влияние на лавинную и селевую активность

© 2013 г. С.А. Сократов, Ю.Г. Селиверстов, А.Л. Шныпарков, К.П. Колтерманн

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

sokratov@geol.msu.ru

Статья принята к печати 25 февраля 2013 г.

Антропогенное воздействие, инженерные изыскания, моделирование, сели, снежные лавины.
 Anthropogenic impact, debris flows, engineering surveying, modeling, snow avalanches.

Приведены примеры изменения лавинной и селевой активности при антропогенном воздействии на растительность и рельеф. Дается количественная оценка изменения характеристик отдельных лавин и селей в результате деятельности человека. Делается вывод о преобладающем влиянии человеческого воздействия на лавинную и селевую активность по сравнению с возможными последствиями изменения климата. Высказана необходимость учёта неизбежных изменений природной среды, происходящих в процессе строительства и использования объектов инфраструктуры, при соответствующем планировании противолавинных и противоселевых мероприятий.

Введение

Авторы многочисленных работ, в которых рассматриваются изменения климата, в поисках применения получаемых результатов обращаются, в том числе, и к теме природных опасностей и рисков. Проецируемое в будущее изменение климата связано с изменением амплитуд и повторяемости экстремальных явлений погоды. От последних, в свою очередь, зависят повторяемость и объёмы таких гидрометеорологических природных опасностей, как снежные лавины и сели [15]. Экстремальные по снежности зимы и периоды с максимальным количеством ливневых осадков нередко сопровождаются сходом большого числа лавин и селей. Однако на значительных территориях сходы лавин и селей — достаточно частые события и без экстремальных отклонений от многолетних климатических характеристик. Даже при достаточном количестве материала, способного быть вовлечённым в снежную лавину или селя, их образование определяется не только существующими на определённый момент времени метеоусловиями, но и предсторией формирования лавино- или селеопасных ситуаций. Кроме того, для повторного схода снежной лавины или селя требуется появление нового материала, способного быть вовлечённым в поток, что зависит не только от метеоусловий.

Именно поэтому детальный анализ связи происходящих изменений климата с лавинной актив-

ностью [17] и типов атмосферной циркуляции с селевой активностью [4] не позволил однозначно выделить климатические факторы, вызывающие активизацию или ослабление этих процессов. Существующие тренды свидетельствуют о связанном с изменением климата варьировании во времени относительного веса различных факторов лавинообразования, которое отличается от региона к региону [3, 6]. Колебания климата способствуют изменению соотношения генетических типов селей [5], а также частоты сходов селей по разным высотным зонам [18].

Имеющиеся временные ряды, связывающие изменение климата с опасными гидрометеорологическими процессами, неоднородны по достоверности во времени из-за множественности используемых методов их регистрации, разного объёма наблюдений и различий в полноте регистрации событий. В базах данных отмечается лишь часть сошедших лавин и селей, а работы по обеспечению безопасности самыми разными способами, с разной степенью интенсивности и успешности ведутся уже более века. Количество собранных временных рядов несравнимо с общим объёмом информации о факторах и последствиях изменения климата. Тем не менее, в некоторых из рядов отмечается «несомненное» преобладание антропогенного воздействия над природным, например в долговременной динамике интенсивности эрозионных

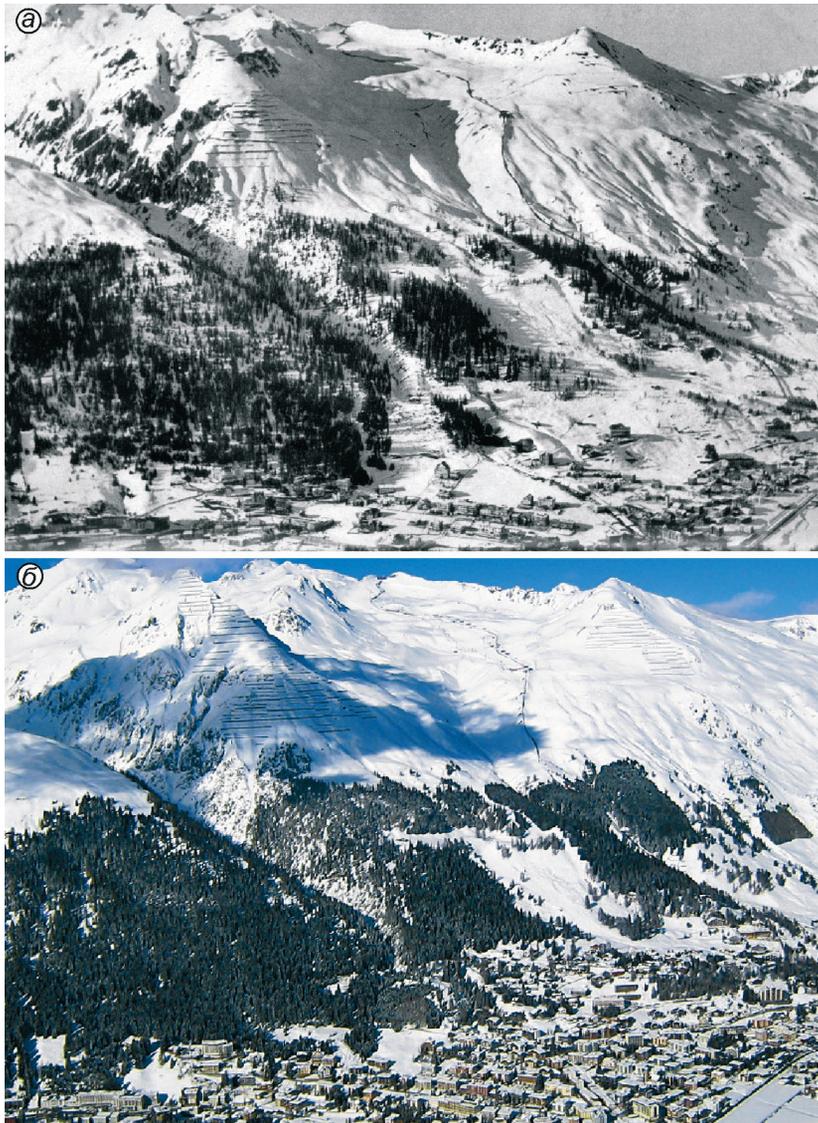


Рис. 1. Изменение растительности на склоне над г. Давос с 1945 г. (*a* – фото Furter AG) до современного состояния (*б* – фото P. Bebi)

Fig. 1. Change in vegetation on the slope over Davos from 1945 (*a* – photo from Furter AG) till present time (*b* – photo P. Bebi)

процессов [12]. Такое воздействие главным образом связывается со строительством объектов разного назначения, которое приводит к изменению окружающих гидрогеологических условий.

При всей очевидности проявления, а также требованиях оценки и прогноза гидрогеологических, геокриологических, гидрометеорологических и других условий в процессе строительства, эксплуатации объектов и вообще инженерных изысканиях [7] нет чёткого понимания того, как изменение природных условий человеком может влиять на частоту и повторяемость опасных гидрометеорологических явлений. Нет и методик оценки такого влияния. Объяснить это можно тем, что, в отличие от индустриальных центров с масштабными изменениями природной среды на их территории и в непосредственной близости, горные районы, ассоци-

ируемые, в том числе, с лавинами и селями, часто рассматриваются как нетронутые земли. Это и делает их привлекательными для туристской индустрии, которая заинтересована, в числе прочего, в получении оценок перспективности бизнеса в зависимости от климатических изменений [10], но при этом мало внимания обращается на возрастающее антропогенное воздействие.

Антропогенное изменение горных территорий

Представление о том, что степень изменения природы человеком во всех своих проявлениях лишь увеличивается, не всегда соответствует действительности. Так, на рис. 1 даны фотографии одного и того же склона швейцарской долины с разницей более 60 лет. Помимо возросшей степени застройки дна долины,

видно увеличение залесённости. Последнее связано с отказом в Швейцарии от вырубki леса для отопления домов и расширением площадей, защищённых таким образом от схода снежных лавин. В то же время инженерные противолавинные мероприятия снижают влияние лавин на лес, что изменяет его видовой состав, структуру и динамику развития. Утверждается, что для Альп – это наиболее значительное вмешательство в функционирование экосистемы [16].

Успешное развитие горнолыжных курортов подразумевает не только личную безопасность катающихся, но и продолжительное залегание в течение года снежного покрова достаточной толщины для качественного катания [10]. В современных условиях это достигается за счёт искусственного снега, уже ставшего стандартным и при проведении международных соревнований, и при подготовке туристских трасс. Искусственный снежный покров отличается от естественного не только микроструктурой снега. Его использование серьёзно нарушает естественный гидрологический режим, устойчивость склонов, видовое разнообразие растительных сообществ, микробиологический и химический состав грунтовых вод [13, 14]. Вместе с тем применение искусственного снега может повышать устойчивость снежного покрова на склоне и таким образом снижать лавинную опасность.

Среди изменений горных ландшафтов самое очевидное – преобразование рельефа. Путём уничтожения зон лавинообразования можно уменьшить лавинную опасность. На рис. 2 видно, что построенная у подножия для защиты дороги противолавинная дамба больше не нужна из-за исчезновения к настоящему времени верхней части лавиносбора. В других случаях, например на Красной Поляне, в результате вырубki леса на склоне образуются новые лавинные очаги (рис. 3). Интенсивное освоение горных территорий, происходящее в настоящее время в районе Красной Поляны, также способствует образованию новых селевых очагов. На рис. 4, а показаны отложения, сформированные при строительстве дороги на склоне, которые питают вновь образованный очаг зарождения селевого потока на одном из водотоков на хр. Аибга в верховьях р. Мзымта (см. рис. 4, б). Простая констатация фактов изменения лавинной и селевой активности мало помогает в планировании мер защиты. Требуется расчёт параметров и характеристик



Рис. 2. Открытый карьер на плато Юкспор, Хибинь. Фото Ю.Г. Селиверстова

Fig. 2. Open mining at the Yukspor Mt. plateau, Khibiny Mts. Photo Yu.G. Seliverstov

опасных явлений, учитывающий антропогенные изменения природной среды.

Изменение параметров лавин и селей в результате антропогенного изменения природной среды

В настоящее время существует большое число методик расчёта динамических характеристик лавин, которые можно с разной степенью достоверности использовать в различных условиях и регионах [8]. Приведённые в ведомственных строительных нормах [2] формулы, хотя и критикуются специалистами [9], всё-таки позволяют в первом приближении оценить возможные последствия изменения характера поверхности склона при строительных работах. Согласно [2],

$$v_n = \sqrt{\frac{a_n \sum_{n=1}^n S_n}{2} + \left(\frac{\sum_{n=1}^{n-1} S_n}{\sum_{n=1}^n S_n} \right)^3 \left(v_{n-1}^2 \cos^2(\alpha_{n-1} - \alpha_n) - \frac{a_n \sum_{n=1}^{n-1} S_n}{2} \right)}; \quad (1)$$

$$a_n = 9,8(\sin \alpha_n - f_n \cos \alpha_n),$$

где v_n – скорость лавины в конце отрезка пути n , м·с⁻¹; a_n – ускорение лавины на отрезке пути n , м·с⁻²; S_n – длина отрезка пути лавины n , м; α_n – угол наклона отрезка пути лавины n , градусы; f_n – коэффициент трения на отрезке пути лавины n .

Очевидно, что по мере продвижения лавины, её рассчитываемая скорость v_n определяется изменением угла наклона склона α_n и коэффициента трения f_n . Последний принимается «равным 0,25 для скальных, снежно-ледяных и

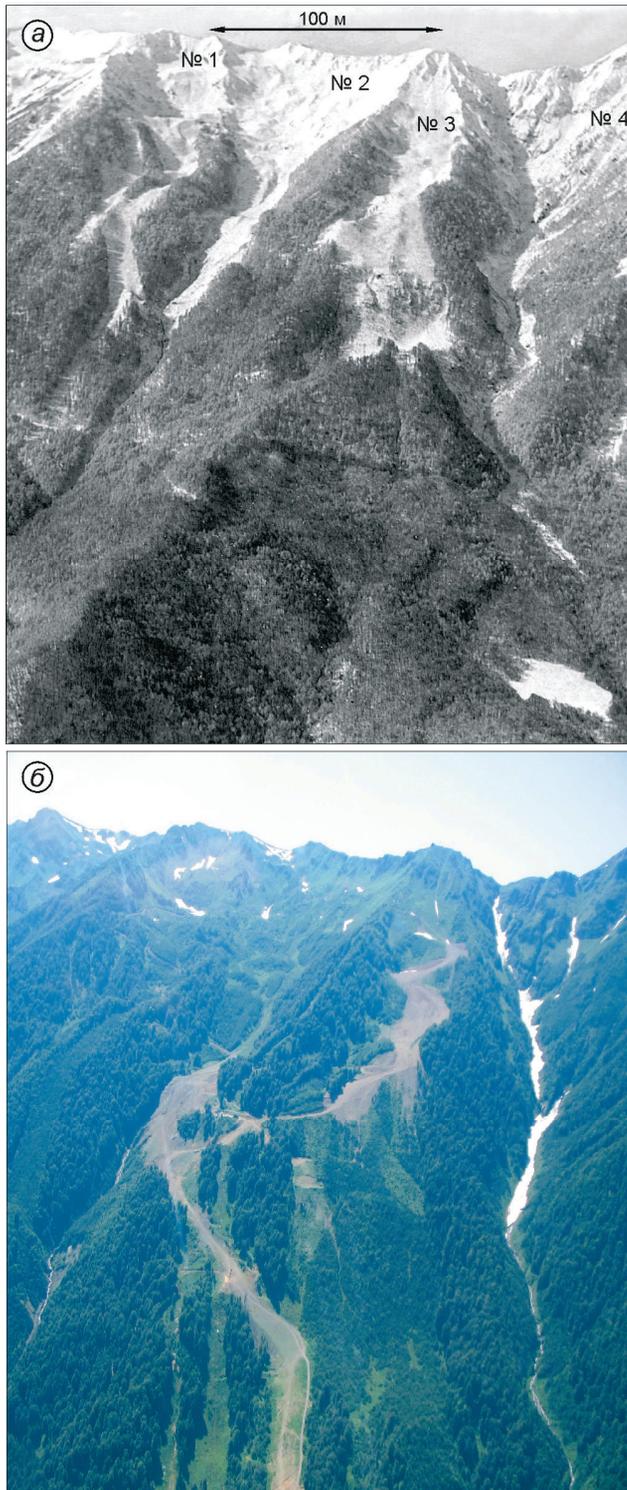


Рис. 3. Изменение растительности и рельефа при строительстве горнолыжного комплекса «Альпика-сервис», Красная Поляна:

a – 1993 г., № 1–4 – номера лавиносборов; *б* – сейчас (фото Высогогорного геофизического института, Нальчик)

Fig. 3. Change in vegetation and relief during the construction of the Ski resort «Alpika-Service», Krasnaya Polyana:

a – 1993, № 1–4 – numbering of the avalanche catchments; *б* – recently (photo from Mountain Geophysical Institute, Nalchik)

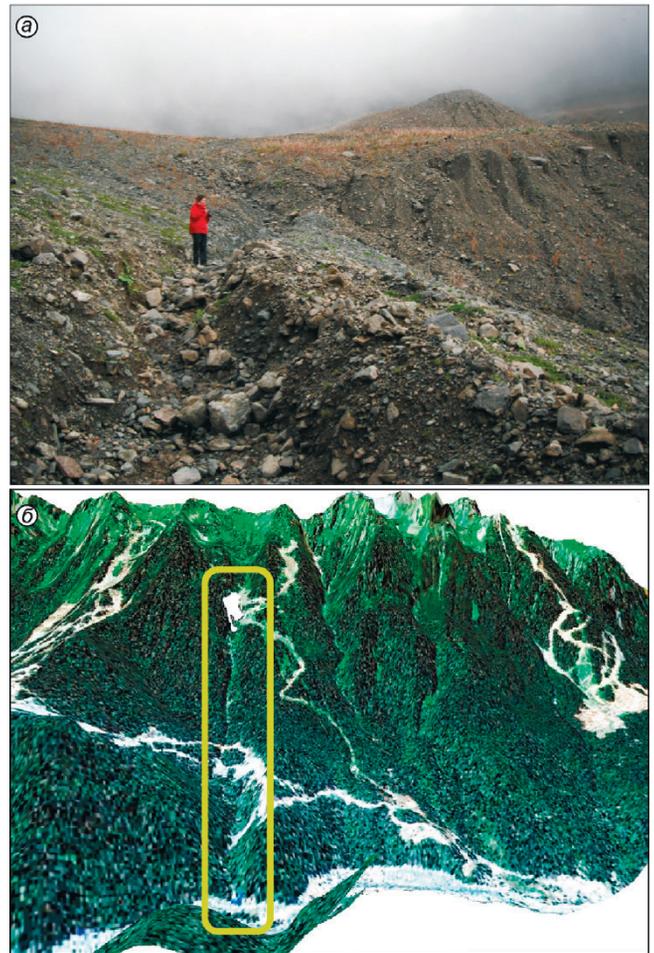


Рис. 4. Антропогенные отвалы породы на склоне хр. Аибга – *a* (фото Ю.Г. Селиверстова) и питаемый ими селевой лоток – *б*

Fig. 4. Anthropogenic piles at the slope of Aibga ridge – *a* (photo Yu.G. Seliverstov) and the debris flow chute supplied by the piles – *б*

травяных гладких поверхностей и 0,3 для всех остальных поверхностей» [2]. Уже только два этих принятых значения, несомненно, значительно упрощают действительность [8 и др.]. Принятые в ВСН 02–73 положения имеют ряд существенных недостатков, которые частично были решены в более современных моделях движения лавин [11 и др.]. Однако модель, объединяющая механизм отрыва и динамику лавины, пока не создана и ВСН 02–73 [2] остаётся действующим нормативом для расчётов при изысканиях.

Крайним проявлением результатов антропогенного изменения морфометрии склонов и характера подстилающей снежный покров поверхности становится появление лавин там, где их ранее не было (см. рис. 3), или исчезновение

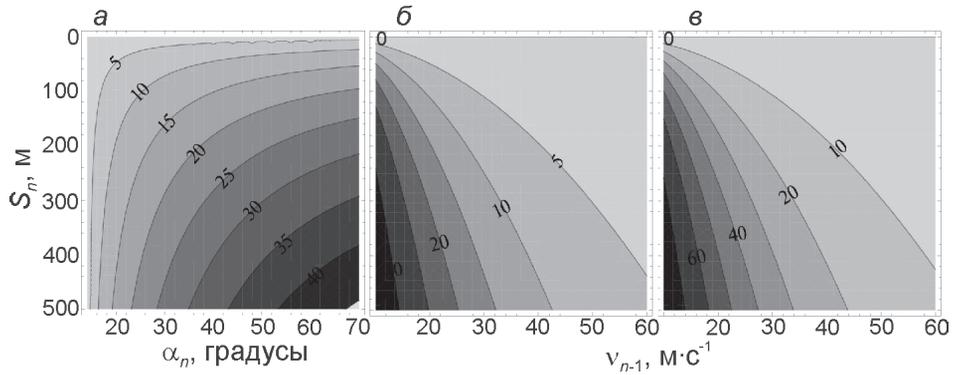


Рис. 5. Зависимость превышения (%) скорости лавины при $f_n = 0,25$ относительно $f_n = 0,30$ в конце участка склона длиной S_n : *a* – от угла наклона склона α_n и *б* – от скорости лавины (v_{n-1}) в начале участка, $\alpha_n = 20^\circ$; *в* – зависимость превышения (%) силы удара лавины при $f_n = 0,25$ относительно $f_n = 0,30$ в конце участка склона, длиной S_n , от скорости лавины (v_{n-1}) в начале участка, $\alpha_n = 20^\circ$

Fig. 5. Dependence of the excess (%) at the exit from a slope segment with length S_n of an avalanche speed with $f_n = 0.25$ relative to those for $f_n = 0.30$: *a* – on the slope angle α_n and *б* – on the avalanche speed at the entrance to the segment (v_{n-1}), $\alpha_n = 20^\circ$; *в* – dependence of the excess (%) at the exit from a slope segment with length S_n of the impact force with $f_n = 0.25$ relative to those for $f_n = 0.30$ on the avalanche speed at the entrance to the segment (v_{n-1}), $\alpha_n = 20^\circ$

Результаты расчёта по методике ВСН 02–73 [2] для отдельных лавинных профилей

Номер профиля (см. рис. 6)	Дальность выброса при современном состоянии подстилающей поверхности ($f_n = 0,30$), м	Дальность выброса при вырубке леса на пути лавины ($f_n = 0,25$), м	Разница, %
I	3685	4433	20,3
II	3250	3537	8,8
III	2369	2557	7,9
IV	3370	3575	6,1
V	2950	3078	4,3

там, где они были (см. рис. 2). Как промежуточный вариант на рис. 5 представлены результаты расчётов по формуле (1) для плоской наклонной поверхности, где «расчищен» ($f_n = 0,25$) участок длиной S_n вниз по склону при линии отрыва лавины, находящейся в начале участка (см. рис. 5, *a*) или выше его по склону (см. рис. 5, *б* и *в*). При ширине такой расчистки в первые сотни метров превышение скорости лавины в конце его относительно нерасчищенного участка достигает десятков процентов, а сила удара лавины ($\tau \cdot \text{м}^{-2}$), пропорциональная квадрату скорости [2], растёт ещё больше. Согласно расчётам, максимальное воздействие при такой расчистке можно ожидать в случае малых углов наклона склона и незначительных скоростях – диапазон, на который обычно специалистами обращается мало внимания. Нарушение растительности может максимально изменить динамические параметры лавин, не учтённые при проектировании, на пологих склонах, где чаще всего и строят капитальные сооружения.

В качестве конкретных примеров мы взяли несколько продольных профилей одного из лавиноборов в районе Красной Поляны (рис. 6, *a*), для которых провели расчёты по утверждённой методике [2]. Полученные результаты представлены в таблице и на рис. 6, *б*. Превышение дальности выброса лавин при связанном с расчисткой склона изменением коэффициента трения f_n от 0,30 до 0,25 варьирует в достаточно широких пределах (в данном случае от 4 до 20%), но может быть и более значительным. В результате обработки цифровой модели рельефа, разновременных фото- и космоснимков установлено, что общая площадь, на которой образуются, двигаются и останавливаются лавины, на северном склоне хр. Айбга (от западного края до горнолыжного комплекса «Роза Хутор») к лету 2009 г. составляла 15,64 км². Суммарная площадь антропогенно изменённых (вырубка леса под горнолыжные трассы, строительство различных сооружений) территорий к этому периоду достигала 3,29 км². Более

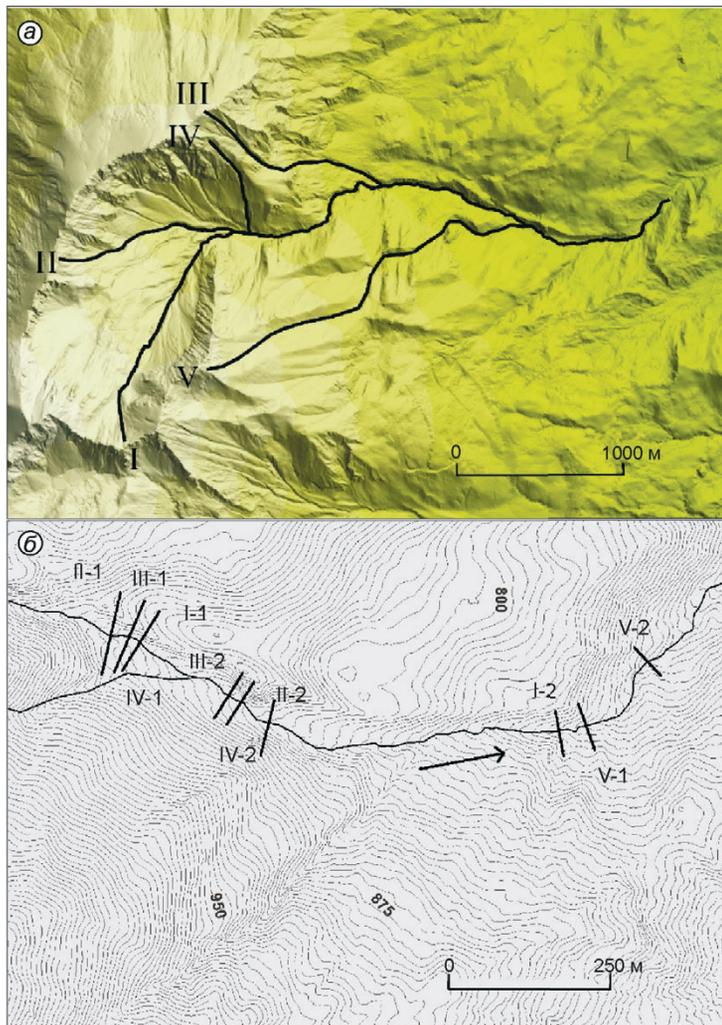


Рис. 6. Схема расположения профилей для расчёта дальности выброса лавин по [2] – а и места остановки лавин при движении по каждому из профилей при современном ($f_n = 0,30$) состоянии подстилающей поверхности (–1) и в случае возможной вырубке леса ($f_n = 0,25$) (–2) – б. I–V – номера профилей в таблице

Fig. 6. Scheme of the position of the snow avalanches profiles used for calculation of their run-off distance by [2] – а and the ending positions of the snow avalanches for each profile for the recent ($f_n = 0.30$) condition of the bed surface (–1) and for the case of deforestation ($f_n = 0.25$) (–2). I–V – the numbers of the profiles in the table

30% этих территорий ($1,03 \text{ км}^2$) расположены на склонах с углами наклона $25\text{--}55^\circ$. В пределах действующих лавиносборов оказалось $0,75 \text{ км}^2$ освоенных территорий, а на площади $0,32 \text{ км}^2$ вследствие антропогенной деятельности возникли новые лавинные очаги. Таким образом, в результате строительства спортивных и хозяйственных сооружений за менее чем 20-летний период площадь лавиноопасных территорий увеличилась, а вырубка леса привела к росту динамических характеристик лавин.

Изменение лавинного режима территории вызвано и другими видами антропогенного воздействия. На склонах хр. Аибга установлены многочисленные установки GAZEX®, которые используются для инициирования спуска снежных лавин. В результате активных воздействий происхождение большинства лавин на склонах хр. Аибга вызывается искусственно. При этом значительно увеличилась частота

та схода лавин, но уменьшились их объёмы. К сожалению, используемые методы активного воздействия не гарантируют от возможности, хотя и редкой, формирования крупных лавин, которые будут двигаться по предварительно расчищенным человеком путям и могут привести к катастрофическим последствиям, а также образования лавин в новых лавинных очагах.

Другой пример антропогенного влияния – селевая активность на хр. Псехако. При изысканиях следы селевых потоков здесь обнаружены не были. Однако в ходе строительства произошла подрезка склона на повороте технологической дороги, приведшая к оползанию грунта и спровоцировавшая формирование селевого потока (рис. 7). В результате интенсивного ливня селевой поток прошёл по руслу ручья Рудничный 21 июля 2011 г. и завалил здание насосной станции. По данным ГМС Лаура, за три часа выпало $49,9 \text{ мм}$ осадков, причём основная масса

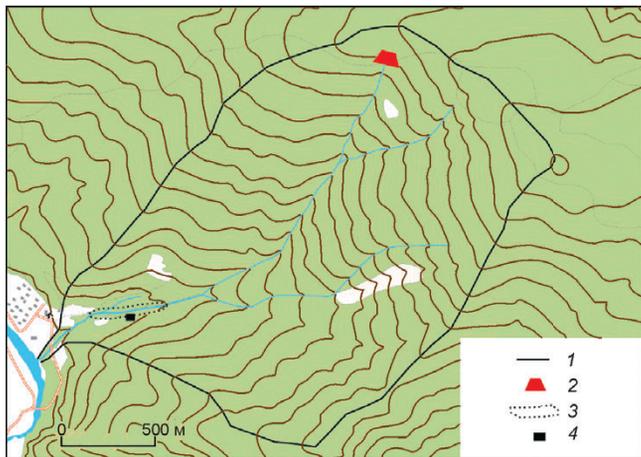


Рис. 7. Бассейн селевого ручья Рудничный (Красная Поляна) с расчётными границами остановки селевого потока: 1 – граница селевого бассейна; 2 – зона формирования селевого потока; 3 – зона остановки селевого потока; 4 – насосная станция

Fig. 7. The debris flow basin Rudnichnyi (Krasnaya Polyana) with modeled ending positions of the debris flows:

1 – boundary of the debris flow basin; 2 – zone of formation of the debris flow; 3 – zone of deposition of the debris flow; 4 – pumping plant

осадков выпала в течение 1–1,5 часов. Селевой очаг располагался в районе пересечения ручья с технологической дорогой. В верхней части ширина селевого потока составляла 1–1,5 м. Дальнейшее врезание селевого потока в днище ручья и в его боковые склоны способствовало дополнительному насыщению его твёрдым материалом и увеличению глубины, расхода твёрдого материала и объёма селя. При выходе селевого потока на выположенное пространство в расширяющуюся долину (абс. высота 590–600 м) он остановился. Высота отложений в зоне разгрузки достигала 4 м. Общий объём селевого потока был равен 7,5–8 тыс. м³. Часть селевой массы прошла ниже по долине до абсолютных отметок 578 м. Селевые отложения были представлены обломками пород в основном размером 20 × 30 см, максимальный размер отдельных обломков достигал 1–1,5 м в диаметре.

Для оценки возможности достижения селевым потоком более низких абсолютных отметок и его влияния на объекты, расположенные ниже по долине, А.Н. Божинский выполнил математическое моделирование образования и движения селевого потока в ручье Рудничный с использованием одномерной двухфазной модели гидравлического типа, в которой учитываются раздельное движение фаз (вода и твёрдые включения) и их взаимодействие [1]. В результате

полевых обследований и расчёта количественных параметров селевого потока установлено, что во вновь сложившихся геоморфологических условиях селевой поток может достигать абсолютных отметок 550–560 м. В зоне воздействия потенциально возможных селевых потоков в настоящее время находятся автомобильная дорога и опоры канатной дороги (см. рис. 7).

Выводы

При всей привлекательности прогнозов активности опасных гидрометеорологических явлений на основе динамики климатических параметров, способствующих их формированию, очевидных связей между изменениями климата и активностью опасных гидрометеоявлений в настоящее время не обнаружено. Анализируя рассмотренные в данной статье примеры, можно прийти к заключению, что антропогенное влияние, вероятно, имеет значительно больший вес в динамике опасных природных процессов, чем естественные изменения природной среды и климата, во всяком случае для снежных лавин и селей. Примером может служить наиболее активно осваиваемая в настоящее время территория Красной Поляны, для которой на начало строительства олимпийских объектов повторяемость снежных лавин оценена один раз в 10 лет при объёмах до 5000 м³. Дно долины было безопасно. В настоящее время появились новые лавинные очаги (см. рис. 3), а в ранее существовавших лавиносборах, по расчётным данным, дальность выброса лавин из-за уничтожения леса может увеличиться. Под влиянием антропогенной деятельности значительно возросла селевая активность на Красной Поляне. В результате отложения рыхлообломочного материала (его объём оценивается примерно в 700 тыс. м³) при строительстве горнолыжных трасс селевые потоки стали формироваться каждые 2–3 года, а их максимальный объём теперь может достигать 35–50 тыс. м³. В настоящее время селевые потоки один раз в 5 лет стали достигать днища долины вплоть до русла р. Мзымта (см. рис. 4, б).

Утверждённых методик по оценке таких изменений не существует. По-нашему мнению, при планировании противолавинных и противоселевых мероприятий за основу должны браться не условия до начала освоения, а условия территории, которые ожидаются по окончании строительства. При этом необходимы комплексные исследования, включающие в себя оценку изме-

нения гидрогеологических условий, морфологии и морфометрии склонов, а также растительности.

Работа выполнена в рамках гранта № 11. G34.31.0007 от 30 ноября 2010 г. для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих учёных в российских вузах, — дополнительного соглашения № 2 к договору от 15 февраля 2013 г. «Предсказуемость и оценка рисков природных катастроф, связанных с изменениями климата» и Государственного контракта Министерства образования и науки РФ № 14.515.11.0009 «Оценка природного риска, вызванного наводнениями, снежными лавинами и селевыми потоками на юге Европейской части России и их мониторинг».

Литература

1. Божинский А.Н., Назаров А.Н. Динамика двухфазного селевого потока // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1999. № 5. С. 15–20.
2. ВСН 02–73: Указания по расчёту снеголавинных нагрузок при проектировании сооружений. М.: Гидрометеоздат, 1973. 20 с.
3. Глазовская Т.Г., Селиверстов Ю.Г. Долгосрочный прогноз изменения лавинной активности на основе сценариев климатических изменений // МГИ. 2004. Вып. 96. С. 225–230.
4. Кононова Н.К., Мальнева И.В., Сейнова И.Б. Циркуляционные механизмы формирования катастрофических селей на стадии деградации оледенения Центрального Кавказа // МГИ. 2007. Вып. 102. С. 154–160.
5. Мальнева И.В., Кононова Н.К. Колебания метеорологических факторов формирования гляциальных селей в Приэльбрусье // Лёд и Снег. 2011. № 4 (116). С. 112–117.
6. Селиверстов Ю.Г., Глазовская Т.Г., Трошкина Е.С. Оценка изменения лавинной активности на территории России в связи с глобальным изменением климата // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций: 10-я науч.-практ. конф. 5–6 октября 2010 г. Доклады и выступления. М.: изд. Центра «Антистихия» МЧС России, 2010. С. 146–154.
7. СНиП 11-02–96: Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: изд. ФГУП ЦПП, 2005. vi+44 с.
8. Турчанинова А.С. Региональная составляющая при расчётах динамических параметров снежных лавин // МГИ. 2012. Вып. 2012–1. С. 51–56.
9. Шевчук С.С., Ядрошников В.И. Определение расчётных параметров при проектировании лавинозащитных сооружений // Экология северных территорий: Материалы междунар. конгресса [Всемирный форум снега 2013, 17–20 января 2013 г., Новосибирск]. Новосибирск: изд. ЗАО ИПП «Офсет», 2012. С. 213–218.
10. Breiling M., Charamza P., Skage O.R. Klimasensibilität österreichischer Bezirke mit besonderer Berücksichtigung des Wintertourismus (Institutionen für landskapsplanering Alnarp: Rapport 97:1). Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet, 1997. 102 S.
11. Christen M., Bühler Y., Bartelt P., Leine R., Glover J., Schweizer A., Graf C., Mc Ardell B.W., Gerber W., Deubelbeiss Y., Feistl T., Volkwein A. Integral hazard management using a unified software environment: numerical simulation tool «RAMMS» for gravitational natural hazards // 12th Congress INTERPRAEVENT, 23–26 April 2012, Grenoble – France. Proc. V. 1 / Eds. G. Koboltschnig, J. Hübl, J. Braun. Klagenfurt: International Research Society INTERPRAEVENT, 2012. P. 77–86.
12. Colombera L., Bersezio R. Impact of the magnitude and frequency of debris-flow events on the evolution of an alpine alluvial fan during the last two centuries: responses to natural and anthropogenic controls // Earth Surface Processes and Landforms. 2011. V. 36. № 12. P. 1632–1646. doi: 10.1002/esp.2178.
13. de Jong C. Artificial production of snow // Encyclopedia of snow, ice and glaciers / Eds. V.P. Singh, P. Singh, U.K. Haritashya. Dordrecht: Springer, 2011. P. 61–66.
14. de Jong C. Zum Management der Biodiversität von Tourismus- und Wintersportgebieten in einer Ära des globalen Wandels // Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt. 2012. Bd. 76./77. (Jahrgang 2011/2012). S. 131–168.
15. IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change) / Eds. C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, P.M. Midgley. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2012. 582 p.
16. Kulakowski D., Rixen Ch., Bebi P. Changes in forest structure and in the relative importance of climatic stress as a result of suppression of avalanche disturbances // Forest Ecology and Management. 2006. V. 223. № 1–3. P. 66–74. doi:10.1016/j.foreco.2005.10.058.
17. Laternser M., Schneebeli M. Temporal trend and spatial distribution of avalanche activity during the last 50 years in Switzerland // Natural Hazards. 2002. V. 27. № 3. P. 201–230. doi:10.1023/A:1020327312719.
18. Wilhelm B., Arnaud F., Enters D., Allignol F., Legaz A., Magand O., Revillon S., Giguet-Covex C., Malet E. Does global warming favour the occurrence of extreme floods in European Alps? First evidences from a NW Alps proglacial lake sediment record // Climatic Change. 2012. V. 113. № 3–4. P. 563–581. doi:10.1007/s10584-011-0376-2.

Summary

The paper presents examples of the change in snow avalanches and debris flows activity due to the anthropogenic pressure on vegetation and relief. The changes in dynamical characteristics of selected snow avalanches and debris flows due to the anthropogenic activity are quantified. The conclusion is made that the anthropogenic effects on the snow avalanches and debris flows activity are more pronounced than the possible effects of the climate change. The necessity is expressed on the unavoidable changes of the natural environment as the result of a construction and of use of the constructed infrastructure to be account for in corresponding planning of the protection measures.