О формировании снежных лавин в лесу

Н. А. Казаков

Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН

Статья поступила в редакцию 27 октября 2005 г.
Представлена членом редколлегии Н.А. Володичевой

Рассматриваются условия отрыва лавин на склонах, покрытых густым лесом.

Лес традиционно считается фактором, препятствующим развитию лавинных процессов, и рассматривается как один из лучших способов защиты от лавин [14]. Безусловно, наличие леса на крутых склонах существенно снижает интенсивность лавинообразования, но не может полностью предотвратить его вероятность. Влияние леса на лавинные процессы и условия схода лавин редкой повторяемости, сформировавшихся выше границы леса, достаточно хорошо изучены [1–3]. В то же время практически не исследована проблема отрыва лавин среди леса. Ее изучение представляется особенно важным при разработке противолавинных мероприятий для лесистых низкогорий и среднегорий, в частности, на территории Сахалинской области.

Условия отрыва лавин среди леса

Условия формирования и динамику лавин мы рассматриваем как единый процесс формирования снежной толщи в лавиносборе, прохождения ею цикла метаморфических преобразований, отрыва лавины под воздействием эндогенных и экзогенных факторов, ее движение, остановку и образование лавинного снежника. Интервал абсолютных высот, в котором развиваются лавинные процессы на Сахалине, начинается от уровня моря и достигает гребней водоразделов (0–1600 м). В зонах отрыва лавин лавиносборы часто покрыты густым каменноберезово-еловым лесом с примесью пихты и мелколистного клена (до отметок 800–850 м), площадь проективного покрытия которого достигает 80% (рис. 1 а), а расстояние между древесными стволами составляет 1–3 м. Высотную зону 800–1100 м занимают каменноберезовые леса, а выше (1000–1100 м) — кедровый стланик. Подлесок повсюду представлен кедровым стлаником и ягодными кустарниками. На Южном Сахалине ниже 800 м в подлеске почти повсеместно преобладает курильский бамбук.

В период формирования снежной толщи (декабрь-апрель) на Сахалине сходят лавины смешанного генезиса объемом более 50 000 м^3 из лавиносборов, в которых зоны отрыва лавин покрыты смешанным или каменноберезовым лесом с подлеском из кедрового стланика, курильского бамбука, ягодных кустарников или высокотравья (см. рис. 1). В зонах транзита таких лавиносборов лес отсутствует, а подстилающая поверхность представлена кедровым стлаником, курильским бамбуком или высокотравьем.

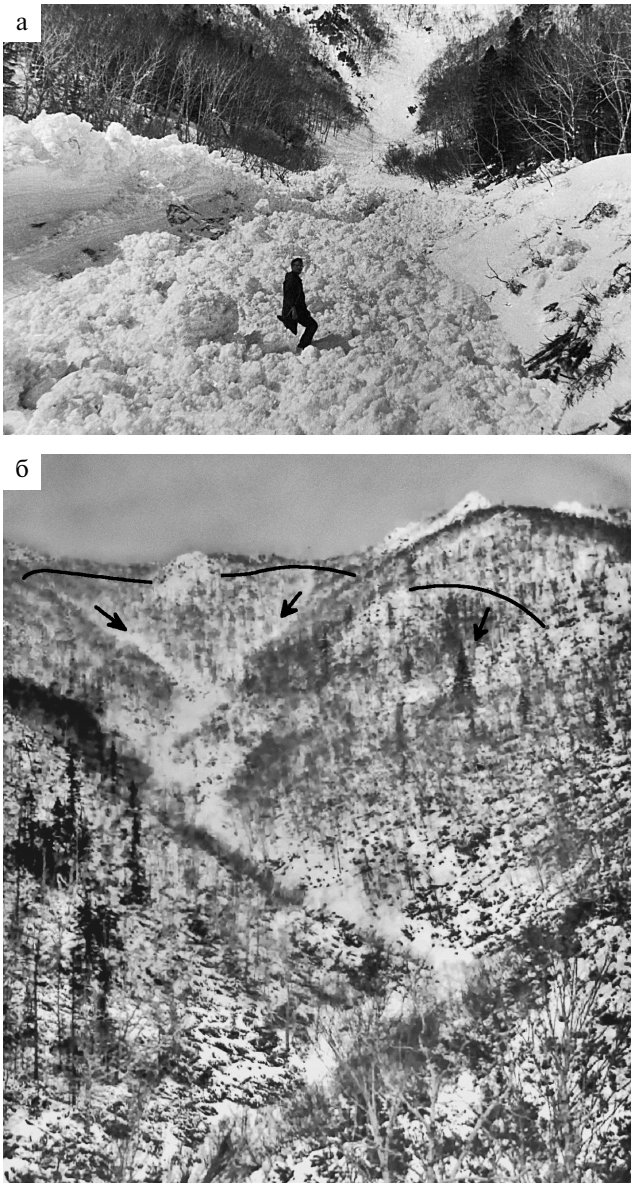

Рис. 1. Восточно-Сахалинские горы, Чамгинский перевал: а — линия отрыва лавины в каменноберезовом лесу, высота стволов 6–12 м, расстояние между стволами 1–3 м; фото В.И. Окопного; б — лес (берёза лже-Эрмана) в зонах отрыва лавин; фото Н.А. Казакова

Fig. 1. East Sakhalin Mountains, Chamginsky Pass: a — fracture line of an avalanche in the birch forest, height of trunks 6–12 m, distance between tranks 1–3 m; photo by V. Okopniy; b — biirch forest on avalanche start zones; photo by N. Kazakov

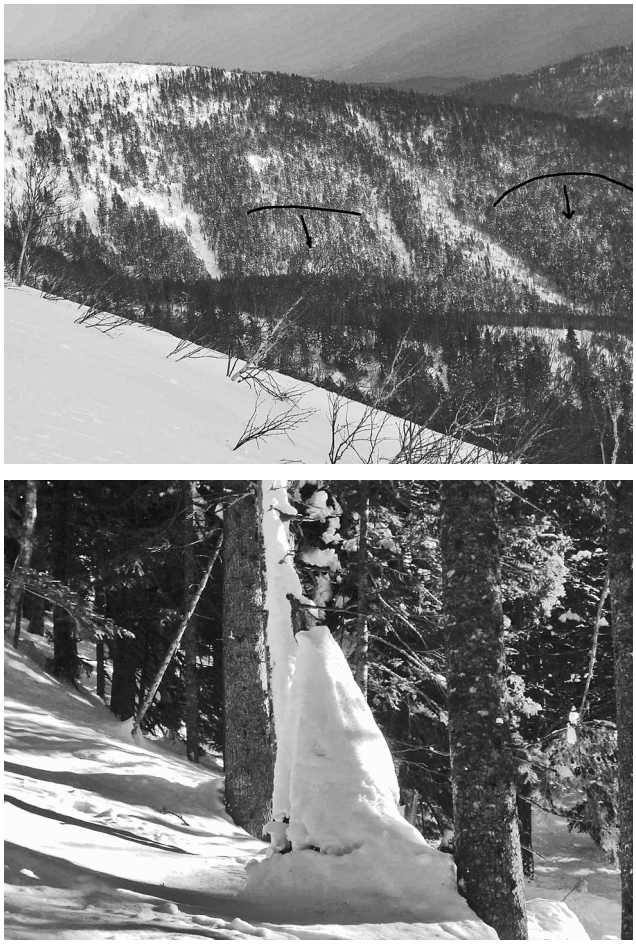

Рис. 2. Южный Сахалин. Пихтово-еловый лес на склоне крутизной 42°. На таких склонах происходит отрыв лавин небольшого объема. Фото Н.А. Казакова

Fig. 2. South Sakhalin. Fir-tree forest on steepness slope with steepness of 42°. The break of small avalanches happens on such slope; photo by N. Kazakov

В этот же период при сильных снегопадах (сумма осадков более 50 мм за двое суток) начинается массовое формирование лавин смешанного генезиса на крутых склонах (рис. 2), покрытых густым пихтово-еловым лесом. Отрыв таких лавин происходит на склонах крутизной 40–45° среди этого леса (площадь проективного покрытия 100%, расстояние между древесными стволами 1–2 м). Относительная высота отрыва лавин от 20 до 100 м, дальность их выброса — от 50 до 200 м, объем — 100–500 м^3. Скорости лавин невелики, что в сочетании с малыми объемами и незначительной длиной пути не приводит к уничтожению или к серьезным повреждениям леса в зоне их транзита. Лавинные отложения формируются в днищах речных долин и распадков. Отрыв лавин большого объема (более 100 тыс. м^3) происходит, как правило, в гольцовой зоне на отметках выше 900–1000 м (верхняя граница леса), где подстилающая поверхность покрыта кедровым стлаником.

Таким образом, очевидно, что представление о лесе как об одном из лучших способов противолавинной защиты [14] не бесспорно. На Сахалине лес на склонах способствует только уменьшению частоты схода и объемов лавин, но не препятствует в полной мере их формированию.

Роль метаморфизма снежной толщи в отрыве лавин среди леса

Причина активного развития лавинных процессов в сильно залесенных (площадь проективного покрытия 70–100%) среднегорьях и низкогорьях Сахалина и, напротив, снижения частоты формирования лавин в гольцовых зонах заключается в преобладающей роли в лавинных процессах метаморфизма снежной толщи [4–11, 13]. Решающее значение в образовании лавин имеют слои, состоящие из кристаллов гранной, полускелетной и скелетной форм.

При отсутствии оттепелей слой свежевыпавшего снега достигает полускелетной-скелетной стадии через 25–35 суток. Радиус ребра основания кристалла к этому времени увеличивается до 1,5–2,2 мм. В слое формируется волокнистая текстура. Через 40–50 суток коэффициент вторичного расслоения снежной толщи [6, 9, 11] составляет 0,92–0,97, коэффициент перекристаллизации — 0,34–0,75. Такие характеристики снежная толща имеет в лавиносборах до высот 900–1050 м (верхняя граница каменноберезового леса с кедровым стлаником в подлеске). В высотной зоне 1000–1200 м (кедровый стланик) в результате ветрового воздействия формируется толща плотного (до 0,4–0,5 г/см^3) метелевого снега. Скорость процессов метаморфизма в ней сильно замедлена. Как правило, скелетные формы здесь образуются редко (обычно к марту-апрелю). В гольцовой зоне (выше 1200 м) снежная толща в ноябре-марте представлена метелевым и гранным снегом (радиус ребра основания кристалла не более 1,5 см). Эта толща устойчива. В указанной высотной зоне формируются лавины сравнительно небольшого объема из первично-идиоморфного снега во время снегопадов и метелей и лавины редкой повторяемости большого объема (до 1 млн м^3 и более).

Полевые исследования строения снежного покрова и лавин, проводившиеся на Сахалине в 1976–2005 гг. показывают, что 96% лавин объемом более 10000 м^3 — это лавины генетического класса «трансформации снежной толщи» [6, 9]. Объемы лавин из свежевыпавшего снега в 83 % случаев не превышают 5000 м^3 [8–11].

При наличии в снежной толще слоев, сложенных ледяными кристаллами стадии конструктивного метаморфизма, лавины сходят под влиянием незначительных внешних причин. В Восточно-Сахалинских горах, в Мицульском хребте и на юго-западном побережье Татарского пролива отмечались случаи массового схода лавин генетического класса «трансформации снежной толщи», внешней причиной которых служили слабые снегопады (5–10 мм осадков за сутки) во время низовой метели средней интенсивности (скорость ветра 10–15 м/с). Объем лавин достигал 6–10 тыс. м^3. В то же время, при отсутствии в снежном покрове толщиной 70–180 см слоев снега,

достигших стадии конструктивного метаморфизма, были ситуации, когда толща старого снега не вовлекалась в лавинный процесс при выпадении 25–30 мм осадков за сутки: даже если плотность старого снега составляла 0,25–0,27 г/ см^3.

Результаты

Отрыв лавин среди леса можно квалифицировать как частое (постоянное) явление на всей территории Сахалина. Мы выделяем три типа условий отрыва таких лавин.

1. Отрыв лавин происходит в лавиносборах и лоткового типа, и на нерасчлененных склонах, где формируются осовы, среди каменноберезового и елово-каменноберезового леса (степень проективного покрытия 30–90%, высота деревьев 4–20 м, расстояние между стволами 2–5 м). В интервале абсолютных высот до 800–850 м такие лавиносборы в зоне отрыва лавин покрыты лесом, и только в 100–300 м ниже нее (в зоне высоких скоростей лавин) лавинный лоток (или склон с осовами) лишен древесной растительности (см. рис. 1 а и 2).В таких лавиносборах лавины объемом от 1000 до 300 тыс. м^3 формируются ежегодно, до 5 раз в течение зимы. В Восточно-Сахалинских и Западно-Сахалинских горах (Средний Сахалин) количество лавиносборов, в которых зоны отрыва лавин покрыты лесом, достигает 50% их общего числа. Характерная для района стратиграфическая колонка линии отрыва такой лавины приведена на рис. 3.

2. Отрыв лавин объемом от 100 до 500 м^3 с дальностью выброса до 200 м происходит на склонах крутизной 35–45° среди пихтово-елового леса (площадь проективного покрытия 100%, расстояние между древесными стволами 1–2 м). Средняя частота формирования лавин в густом хвойном лесу на склонах, крутизна которых превышает 35° (см. рис. 1 б), составляет в Восточно-Сахалинских горах 1 раз в 3–5 лет, в Южной Части Сахалина 1 раз в 5–7 лет. На рис. 4 приведена характерная для района стратиграфическая колонка линии отрыва лавины, сошедшей со склона, покрытого пихтово-еловым лесом (площадь проективного покрытия 80–100%, расстояние между древесными стволами 0,5–2 м, высота стволов 12–18 м). Эти лавины представляют опасность для человека, находящегося вне помещения или транспортного средства.

3. Отрыв лавин объемом от 100 до 1000 м^3 с дальностью выброса до 300 м происходит на склонах крутизной до 45° среди смешанного елово-березового леса (площадь проективного покрытия 100%, расстояние между древесными стволами 0,5–1,5 м). Такие лавины формируются в случае значительной

Рис. 3. Стратиграфическая колонка линии отрыва лавины, характерная для Восточно-Сахалинских и Западно-Сахалинских гор
Fig. 3. Stratigraphical column of the fracture line of the avalanche, characterized for the East-Sakhalin and West-Sakhalin mountains

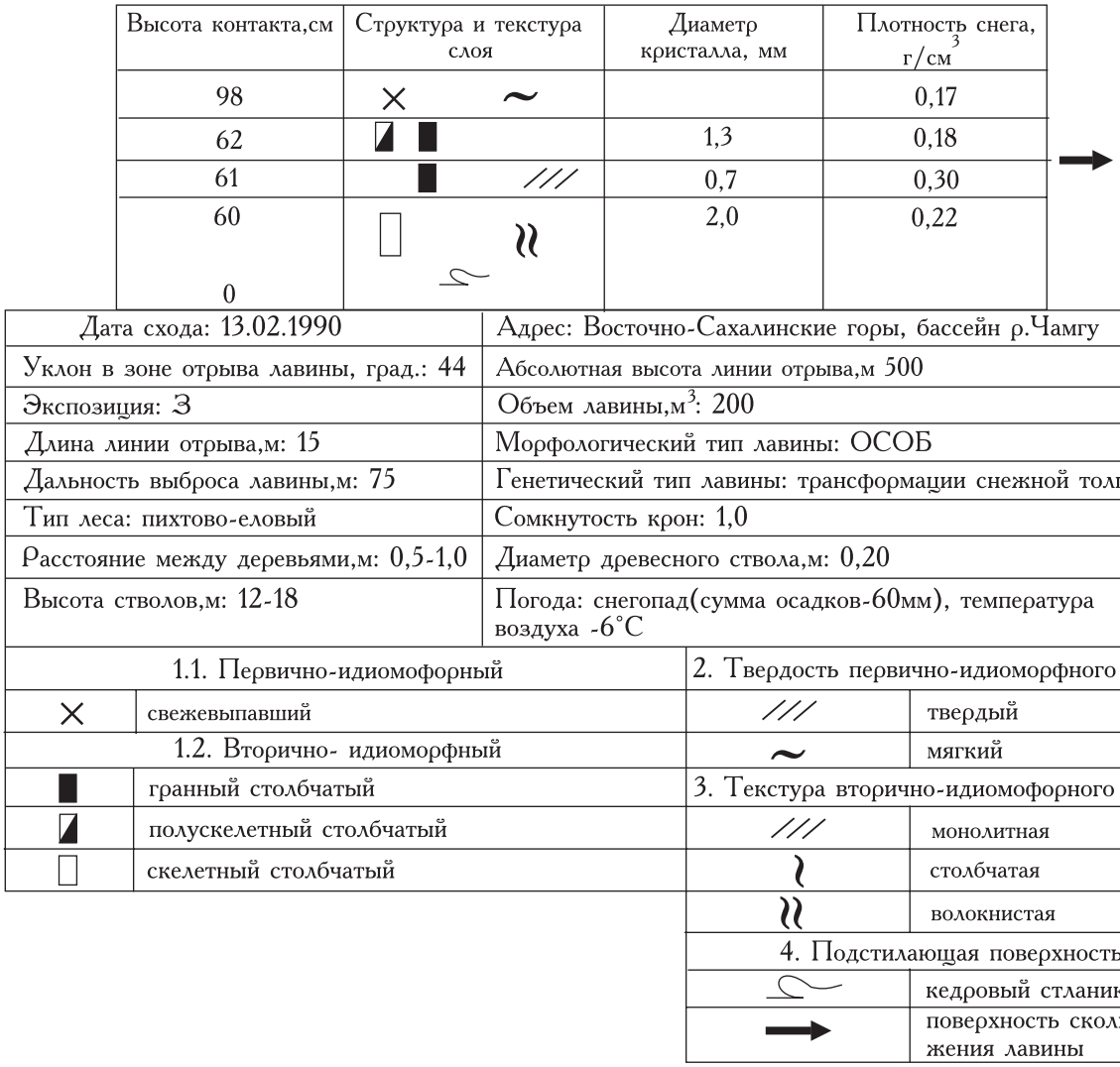

Рис. 4. Стратиграфическая колонка линии отрыва лавины, сошедшей со склона, покрытого пихтово-еловым лесом
Fig. 4. Stratigraphical column of the fracture line of the avalanche, coming down the slope, covered by the abies-fir forest

перекристаллизации снежной толщи (если 30–50% ее сложены полускелетным и скелетным снегом) в сочетании с сильным снегопадом (более 50 мм осадков за сутки), обладают большими скоростями и способны причинить серьезный ущерб. Так, в январе 1985 г. лавина из метаморфизированного и свежевыпавшего снега объемом 400 м^3, сошедшая со склона горы Джамбул, поросшего густым смешанным лесом, разрушила шлакоблочное здание с бетонными перекрытиями, расположенное у подножия склона. В январе 1996 г. на автомобильной дороге селение Первомайское — Пиленгский перевал — поселок Пограничное (Восточно-Сахалинские горы) в такой лавине погиб человек, вышедший из автомобиля на дорожное полотно.

Выводы

Вопреки существующему мнению о защитной роли древесной растительности [14] лес (даже густой хвойный) играет в лавинном процессе регулирующую роль: с одной стороны, удерживает снежные массы на склоне, с другой стороны, способствует увеличению скорости метаморфизма снежного покрова [4–7, 9–13], что в свою очередь приводит к формированию неустойчивой снежной толщи и увеличению дальности выброса и энергии лавин.

Густой лес на склоне не всегда служит препятствием для отрыва лавин. Лес в зонах отрыва лавин способствует снижению частоты формирования и уменьшению объемов, но не способен полностью исключить возможность отрыва на склонах крутизной более 35°. Такие лавины имеют небольшие объемы, но представляют серьезную опасность для людей и сооружений легкого типа.

Отрыв лавин на склонах крутизной более 35° (как правило, более 40°), покрытых густым лесом, возможен при достижении снежной толщей (или слоем) стадии конструктивного метаморфизма в сочетании со снегопадом, при повышении температуры до положительных значений и при формировании в верхней части разреза слоя влажного (мокрого) снега, при антропогенном воздействии на снежный пласт на склоне, при работе тяжелой техники у подножия склона, вызывающей его вибрацию.

При разработке мероприятий противолавинной защиты необходимо учитывать тот факт, что даже густой хвойный лес, высаженный в лавиносборе, где уклоны превышают 35°, не всегда может служить абсолютной защитой от лавин.

Автор выражает благодарность Н.А. Володичевой за ценные замечания к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Божинский А.Н., Лосев К.С. Основы лавиноведения. Л., ГИМИЗ, 1987, 280 с.
2. Власов В.П., Ханбеков И.И., Чуенков В.С. Лес и снежные лавины. М., «Лесная промышленность», 1980, 198 с.
3. Володичева Н.А. Кедровый стланик — индикатор лавинной деятельности в горах Станового нагорья. — Фитоиндикационные методы в гляциологии. М., 1971, с. 124-131.
4. Древило М.С. Структура снежного покрова о. Сахалин (подзона средней светлохвойной тайги). — Тр. Гидрометцентра Сахалинского УГМС. Региональные исследования. Южно-Сахалинск, 1988, с.124 -127.
5. Древило М.С. Структура снежного покрова в зонах лавинообразования о. Сахалин. — МГИ, вып. 88, 1999, с. 107-112.
6. Древило М.С. Геоэкологические исследования снежного покрова на основе его ландшафтно-индикационных свойств (на примере о.Сахалин). Автореф. канд. дисс. Барнаул, 2001, 27 с.
7. Древило М.С., Жируев С.П., Окопный В.И. и др. Мониторинг снежного покрова о. Сахалин. — МГИ, вып. 89, 2000, с. 89-94.
8. Казаков Н.А. Оценка лавинных рисков на автомобильных дорогах о. Сахалин. — Материалы общероссийской конференции «Риск — 2000. Оценка и управление природными рисками». М., 2000, с. 269-275.
9. Казаков Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин). Автореф. канд. дисс. Южно-Сахалинск, 2000, 36 с.
10. Казаков Н.А. Природный лавинный комплекс как триггерная геосистема: предпосылки управления лавинным процессом. — Материалы общероссийской конференции «Риск — 2003. Оценка и управление природными рисками». М., 2003, с. 344-348.
11. Казаков Н.А., Окопный В.И., Жируев С.П. и др. Лавинный режим Восточно-Сахалинских гор. — МГИ, вып. 87, 1999, с. 211-215.
12. Коломыц Э.Г. Структура снега и ландшафтная индикация. М., «Наука», 1976, 206 с.
13. Drevilo M. Upon significance of the landscape — indication method in Sakhalin snow-avalanche studies. — Proc. of the Intern. Conference «Avalanches and Related Subject». Kirovsk, Russia, 1996, p. 160-164.
14. Holer P. Avalanches in mountain forests and possible effects on hazard zoning in Austria. — МГИ, вып. 93, 2003, с. 100-103.

SUMMARY

Formation of avalanches on the mountain slopes with the steepness more than 35° (as a rule more than 40°), covered by the forest is possible under the strong metamorphism of snow thickness in combination with the snowfalls or temperature increase up to the positive values and formation of the wet snow layer in the upper parts of the section. Due to the metamorphism of snow cover in January-March on Sakhalin island avalanches of small volumes (up to 500 m^3) come down everywhere from such slopes, covered by dense fir and mixed forests,. In general, dense forest on the slope favours the decrease of intensity of avalanching, but can't exclude completely the development of avalanche processes on the slopes with steepness more than 35°.