

- ства. Том LXVI. Вып.4, 1934. 522 с.
2. Золотарев Е. А. Эволюция оледенения Эльбруса. М, Научный Мир, 2009. 238 с.
 3. Лаверов Н. П. Природные процессы на территории Кабардино-Балкарии. Москва-Нальчик. ИГЭМ РАН, 2004, 438 с.
 4. Орешникова Е. И. Ледники Эльбурского района по исследованиям 1932-1933 гг. Кавказ: Труды ледниковых экспедиций. Вып. 5, 1936. С. 239-297.
 5. Сейнова И. Б., Золотарёв Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья (Эволюция оледенения и селевой активности). М, Научный мир, 2001. 204. с.
 6. Соломина О. Н. Горное оледенение северной Евразии в голоцене. М., Научный Мир, 1999. 264 стр.
 7. Шиятов С. Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск, КрасГу, 2002. 80 с.
 8. Burmester, H. 1913. "Rezent-glaziale Untersuchungen und photogrammetrische Aufnahmen im Baksanquellgebiet (Kaukasus)." Zeitschrift für Gletscherkunde 8: S.1-41.

Перекристаллизация снега и особенности лавинообразования на Сахалине и Курильских островах

Н.А. Казаков

Сахалинский филиал Дальневосточного Геологического Института
Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск

Введение

Традиционно считается, что на о. Сахалине и Курильских островах образование лавин связано, прежде всего, с сильными снегопадами и метелями. Безусловно, осадки и ветер как факторы лавинообразования играют важную роль в лавинных процессах в Сахалинской области. Однако, исследования, проведённые в 1976 - 2009 г.г. показывают, что перекристаллизация снежной толщи является важнейшим фактором, определяющим динамику лавинных процессов.

Перекристаллизация снежной толщи

На о. Сахалине и Курильских островах процессы перекристаллиза-

ции снежной толщи активно протекают даже на склонах морских террас – т.е., в тёплых зонах, где температура воздуха в течение зимы может держаться в интервале от -2 до -5°C (рис. 1-3).

Шурф № 7. 27.02.2005. Юго-западное побережье о. Сахалин. Склон морской террасы.
Время: 15ч 45 м - 16 ч 25 м

Шурф № 7. 27.02.2005. Юго-западное побережье									
Время: 15ч 45 м - 16 ч 25 м									
№. № слоя	Глубина контакта, см	Высота контакта, см	Тип снега и класс формы кристалла (по Э.Г. Коломыцу);	Плотность, г/см ³	Водность, мм	Диаметр кристалла, мм	Температура, С	Дата формирования слоя	Возраст слоя, сутки
							0,0 -5,4	26.02.2005	1
13	3	62	×	0,06	1,80			18-19.02.2005	8
12	7	59	⊠	0,12	4,80			18-19.02.2005	8
11	10	55	⊠	0,12	3,60			30-31.01.2005	27
10	19	52	■ ///	0,24	21,60	0,3		30-31.01.2005	27
9	23	43	■ ///	0,28	11,20	0,5			
7	27	39	■ □ }	0,25	10,00	1,0			
6	31	35	■ □ }	0,24	9,60	1,5			
5	38	31	□ }	0,26	18,20	2,0			
4	41	24	■ □ }	0,24	7,20	2,0			
3	46	21	■ □ } см	0,24	12,00	2,2			
2	51	16	■ □ }	0,25	12,50	2,0			
1	62	11	● □ } см	0,32	35,20	3,0 (4,0)	-0,4		
Суммарный водозапас					147,70				
Средняя плотность					0,24				
Экспозиция:		3	Абс. высота, м:		30	Уклон, град.:		32	
Температура возд.:		0	Почва:		талая	Ветер:		СЗ, 1-3 м/с	
Погода:		пасмурно	Облачность:		9/3				
Подстилающая поверхность:		разнотравье			Выполнил:				
Козфф. перекристаллизации		0,84			Обработал:				
Козфф. вторичного раслоения		0,60			Проверил:				
Козфф. стратиграфии		0,50			Казакow Н.А., Генсировский Ю.В. Генсировский Ю.В. Казакow Н.А.				

Рис.1. Стратиграфическая колонка снежной толщи на склоне морской террасы. Южный Сахалин.

Во всех стратиграфических комплексах снежного покрова о. Сахалина и Курильских островов через 30 - 45 суток после формирования устойчивого снежного покрова формируются снежные слои, выполненные ледяными кристаллами скелетного и полускелетного классов форм с волокнистой текстурой: лавиноопасные слои.

Условные обозначения

1. Тип снега и класс формы ледяного кристаллов (по Э.Г. Коломыцу)			2. Твердость первично-идиоморфного снега	
Класс форм ледяных кристаллов	Тип снега	Стадия метаморфизма		твёрдый
1.1. Первично-идиоморфный				мягкий
	Свежевыпавший			очень мягкий
	обломочный		3. Текстура вторично-идиоморфного снега	
	сублимационно-полиэдрический			монокристаллическая
	корразионно-полиэдрический			столбчатая
	режеляционно-полиэдрический			волокнистая
1.2. Вторично-идиоморфный			4. Состояние снега	
	гранный плоский	Конструктивная		влажный
	гранный столбчатый			мокрый
	полускелетный плоский			режеляционная корка
	полускелетный столбчатый			ледяная корка
	скелетный плоский		5. Подстилающая поверхность	
	скелетный столбчатый			кедровый стланик
	Секториальный	Регрессивная		курильский бамбук
	Пластинчатый			травянистая

Рис 2. Условные обозначения к стратиграфической колонке снежной толщи.

Снежные слои с волокнистой текстурой, сложенные ледяными кристаллами скелетного и полускелетного классов форм, наблюдаются на о. Сахалине в периоды максимального снегонакопления (март - апрель) во всех стратиграфических колонках снежной толщи.

Значения коэффициентов перекристаллизации снежной толщи в зонах отрыва лавин на о. Сахалин в декабре – апреле составляют 0,5 – 0,8.

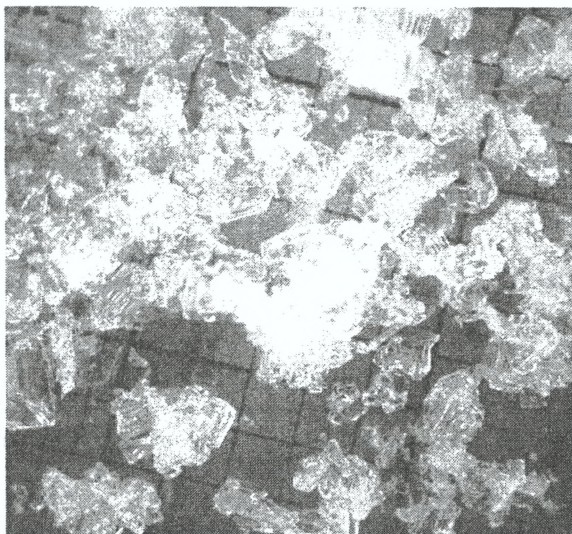


Рис. 3. Кристаллы скелетного класса форм в снежной толще на склоне морской террасы. Южный Сахалин, январь 2008 г.

Перекристаллизация снежной толщи и образование лавин

На о. Сахалине и Курильских островах перекристаллизация снежной толщи играет важнейшую роль в образовании лавин: при формировании в снежной толще слоев, сложенных ледяными кристаллами стадии конструктивного метаморфизма, сход лавин вызывается незначительными внешними причинами [2-5].

Стратиграфические исследования в снежном покрове, проводившиеся на Сахалине в 1978 – 2009 г.г. показали, что процессы перекристаллизации снежной толщи в значительной мере определяют динамику лавинных процессов в низкогорье и среднегорье [1-5].

Полевые исследования линий отрыва лавин смешанного генезиса на Сахалине (1978-2009) г.г. показывают, что в период декабрь – апрель обрушение снежного пласта происходит, как правило, по слоям с волокнистой либо столбчатой текстурой, сложенных кристаллами гранного, скелетного, полускелетного классов форм.

При этом, слой может иметь толщину 1,0 см и быть выполнен кристаллами гранного класса форм диаметром 0,8 – 1,1 мм.

Как в среднегорье, так в низкогорье о. Сахалина и Курильских островов в январе-апреле регулярно происходит сход лавин перекри-

сталлизованный и смешанный снег объемом до 10 тыс. м³ при выпадении малого количества осадков (5,0 – 10,0 мм за сутки) или при низовой метели средней интенсивности. В тоже время, при отсутствии в снежном покрове толщиной 70 - 180 см слоев перекристаллизованного снега, отмечались ситуации, при которых толща старого снега не вовлекалась в лавинный процесс даже при выпадении 25,0 – 30,0 мм осадков за сутки.

Вследствие высокой степени перекристаллизации снежной толщи, древесная растительность (даже хвойный лес) на о. Сахалине и Курильских островах играет в лавинном процессе регулирующую роль, снижая частоту схода лавин, но отнюдь не прекращая ее полностью [4].

Так, склоны Восточно-Сахалинских гор и Камышового хребта покрыты густым каменноберезово-еловым лесом (площадь проективного покрытия до 90%) с примесью пихты и мелколистного клена (до абс. отметок 800-850 м). Высотную зону 800-1100 м занимают каменно-березовые леса (береза лже-Эрмана), выше (абс.отм. 1000 -1100 м) - кедровый стланник. Подлесок (повсеместно) - кедровый стланник, ягодные кустарники. Вследствие перекристаллизации снежной толщи на таких склонах регулярно формируются лавины, отрыв которых происходит среди леса, и проходящие через лес. В лавиносборах, подстилающая поверхность которых представлена стелющимися кустарниками (кедровый стланник в высотной зоне 600 –1400 м; курильский бамбук в высотной зоне 10 – 900 м) и травяным покровом, скорость перекристаллизации нижних слоев снежной толщи особенно высока.

Следует отметить, что лавины свежеснеговывающего снега в густом лесу не формируются даже при уклонах более 40° при выпадении 50-100 мм осадков за снегопад: для формирования таких лавин необходима перекристаллизованная снежная толща.

Формирование лавин больших объемов на о. Сахалине и Курильских островах связано исключительно с перекристаллизацией снежной толщи и образованием в ней лавиноопасных слоев [5]. Так, при отсутствии в снежном покрове толщиной 70 - 180 см слоев вторично-идiomорфного снега стадии конструктивного метаморфизма отмечались ситуации, при которых толща старого снега не вовлекалась в лавинный процесс при выпадении 25,0 – 30,0 мм осадков за сутки (даже в том случае, когда плотность старого снега составляла 0,25 – 0,27 г/м³). В то же время, при наличии в снежном покрове толщиной 1,20 – 2,0 м слоев вторично-идiomорфного снега стадии конструктивного метаморфизма отмечались лавины объемом более 100000 м³ с дальностью выброса до 1600 м, которые формировались при выпа-

дении 30 – 70 мм осадков.

Отрыв таких лавин, как правило, не происходит в зонах интенсивного ветрового воздействия выше верхней границы леса (абс. отметки 1200 – 1300 м), где формируется толща уплотнённого снега, скорость перекристаллизации которого низка. Толщина лавиноопасных слоев в этих зонах значительно меньше, чем в высотных зонах ниже 1200 м, а скорость перекристаллизации снега сильно отстает от её скорости в лесной зоне: вследствие того, что плотность снежных слоёв здесь гораздо выше (0,38 – 0,50 г/м³). В результате, для обрушения этой толщи требуется гораздо большая внешняя нагрузка на снежный пласт, чем в лесной зоне.

Перекристаллизация снежной толщи обуславливает преобладание лавин генетического класса перекристаллизации снежной толщи среди лавин, объем которых превышает 5000 м³ [5]. Так, анализ результатов наблюдений в Восточно-Сахалинских горах в 1980 – 1995 г.г. показывает, что число лавин генетического класса нового снега (свежевыпавшего и метелевого) составляет 61 % от общего числа лавин объемом менее 500 м³ и только 17 % лавин объемом от 5000 м³ до 10000 м³. Объемы лавин весеннего снеготаяния (лавины мокрого снега) не превышают 5000 м³. Число лавин генетического класса перекристаллизации снежной толщи составляет 83 % от общего числа лавин объемом от 5000 м³ до 10000 м³ и 100 % лавин, объем которых превышает 10000 м³.

Такое распределение лавин по их объемам в зависимости от генетического типа характерно для всей территории о. Сахалин и Курильских островов.

При сильных снегопадах, как правило, происходит массовое формирование лавин. Однако, в том случае, если в снежной толще слои вторично-идиоморфного снега не сформировались или были разрушены предшествующим сходом лавин, объемы лавин не превышают 1000 – 3000 м³. Так, во время снегопада, отмечавшегося на Чамгинском перевале 22 – 27 декабря 1990 г. при выпадении 157 мм осадков произошло массовое формирование лавин перекристаллизации снежной толщи (смешанных лавин: перекристаллизированный снег и свежевыпавший снег), объемы которых составляли от 5000 до 150000 м³. Отрыв лавин происходил в интервале абсолютных отметок 300 – 1200 м. Перекристаллизованная снежная толща в большинстве лавиносборов была разрушена сошедшими лавинами.

В результате, средние объемы лавин, сошедших во время снегопада, повторившегося 1 – 10 января 1991 г., не превышали 500 м³: несмотря на то, что сумма осадков за этот снегопад составила 329,0 мм

при суточном максимуме 127,0 мм.

В этот же период сформировалось несколько лавин, объемы которых превысили 1000000 м^3 при дальности выброса до 3,8 км. Однако эти лавины сформировались в результате обрушения толщи перекристаллизованного и свежевывавшего снега, развивавшейся в зонах интенсивного ветрового воздействия (выше верхней границы леса, абс. отметки 1200 – 1300 м).

Лавины, сходявшие с осового склона плато Аэродромное на о. Парамушире и приводившие в 1957 – 1976 г.г. к многочисленным человеческим жертвам достигали максимальной дальности выброса только в период декабрь – февраль: в период, когда снежная толща здесь сильно перекристаллизована. По наблюдениям В.А. Рядова, на о. Парамушире с середины февраля перекристаллизованная снежная толща на склонах, обращенных к Тихому океану, начинает быстро деградировать, и уже не вовлекается в лавинный процесс, вследствие чего резко снижается дальность выброса лавин.

Заключение

Перекристаллизация снежного покрова является важнейшим фактором лавинных процессов на о. Сахалине и Курильских островах, определяя как частоту формирования лавин, так и значения их динамических характеристик. В результате перекристаллизации в лавиносборе формируется неустойчивая снежная толща, способная сформировать лавину при слабом внешнем воздействии.

Однако как показывают результаты наблюдений, даже слои, выполненные кристаллами скелетного класса форм (радиус ребра базисного основания кристалла – 2,2 – 3,5 мм, плотность – $0,25 - 0,28 \text{ г/см}^3$) периодически могут иметь достаточно высокие значения сопротивления разрыву (до $0,40 \text{ г/м}^2$): т.е., снежная толща, может пребывать в неравновесном состоянии десятки суток. Падение несущей прочности снежных слоев, выполненных кристаллами полускелетного и скелетного классов форм, при уменьшении значения сопротивления разрыву до $100 - 20 \text{ кг/м}^2$ могут наблюдаться в течение суток. Именно в такие периоды снежная толща в зоне зарождения лавин теряет устойчивость при слабом внешнем воздействии.

Причины краткопериодического падения прочностных характеристик снежного слоя остаются дискуссионными. Наиболее вероятным представляется ослабление связей между кристаллами в результате суточных флуктуаций атмосферного и теллурического электрических полей и термических полей в снежной толще.

ЛИТЕРАТУРА

1. Древило М.С., Жируев С.П., Окопный В.И., Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А. Мониторинг снежного покрова о. Сахалин. Материалы гляциологических исследований. Вып. 89.–М.: ИГ РАН, 2000. С. 89 – 94.
2. Казаков Н.А., Окопный В.И., Жируев С.П., Генсиоровский Ю.В., Аникин В.А. Лавинный режим Восточно-Сахалинских гор. Материалы гляциологических исследований. Вып. 87.–М.: ИГ РАН, 1999. С. 211–215.
3. Казаков Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин). Автореф. канд. дисс. Ю-Сахалинск, изд. СахГУ, 2000. 36 с.
4. Казаков Н.А. О формировании лавин в лесу. Материалы гляциологических исследований. Вып. 102 – М., ИГ РАН, 2007. С. 192-197.
5. Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Формирование лавин эстремальных объемов в низкогорье о. Сахалина. Симпозиум «Гляциология в канун Международного Полярного Года». М., ИГ РАН, 2006 - с. 46

Оценка лавинной активности, опасности и риска (на примере Хибин)

М.А. Викулина

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г.Кировск

Введение

Наблюдения за лавинами в Хибинах начались в 30-х годах XX века. Благодаря деятельности Центра лавинной безопасности ОАО «Апатит» и экспедиций географического факультета МГУ для Хибин имеется 70-летний ряд метеорологических наблюдений, база данных по сошедшим лавинам и снежному покрову в лавиносборах, окружающих город Кировск, изучена лавинная деятельность долин рек Кунийок, Кукисийок и Вуонемйок [8]. Но в тоже время оценка лавинной деятельности всей территории Хибин была проведена только в мелком масштабе в рамках работ по составлению карт лавин для Атласа снежно-ледовых ресурсов мира [1].

Лавинная активность – это интенсивность лавинного процесса,