

# СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ

УДК 551.578.41: 551.578.46: 551.578.483

doi: 10.15356/IS.2015.01.06

## Прогноз лавин по 27-дневным циклам изменения солнечной активности

© 2015 г. Н.А. Казаков

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Сахалинский филиал, Южно-Сахалинск  
kazakovna@fegi.ru

## Prediction of avalanches on the basis of the 27-day Solar activity variations

N.A. Kazakov

Far East Geological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Sakhalin Department, Yuzhno-Sakhalinsk

*Статья принята к печати 26 мая 2014 г.*

*27-дневный цикл солнечной активности, лавина, лавинный процесс.*

*27-day Sun activity (Solar) cycle, avalanche, avalanche process.*

Многие природные процессы относятся к циклическим и самоподдерживающимся в системе солнечно-земных связей. Для проверки гипотезы о цикличности лавинных процессов и оценки возможности прогноза лавин как циклического процесса были проанализированы данные о лавинных и метеорологических процессах (число лавин за сутки, их суммарный и максимальный объём и суточная сумма осадков) по методу 27-дневных солнечных календарей А.Л. Чижевского. Анализ результатов исследования в Хибинах за 1935–1986 гг. (Кольский полуостров) и на Чамгинском перевале за 1982–1992 гг. (о. Сахалин, Восточно-Сахалинские горы) показал, что активность лавинных процессов и атмосферных осадков имеет выраженный 27-дневный цикл. Установлена цикличность повторяемости и объёма лавин син- и эпигенетического типов, а также повторяемость суммы осадков по количественным градациям. На основе связи числа и объёма лавин и суточных сумм осадков с солнечным циклом построены методики прогноза лавин и осадков. Оправдываемость прогноза при заблаговременности 60 суток составляет: для осадков – 85–90%; лавин нового снега – 90–95%; лавин перекристаллизованного снега – 75–80%, а при заблаговременности до 10 суток – соответственно 90–95, 95 и 75–80%.

Method of long-term prediction of avalanches and precipitation is proposed as a cyclic process based on the method of 27-day Sun calendars by Russian scientist A.L. Chizhevsky. Analysis of the research results obtained in the Khibini Mountains (Kola peninsula) and on Chamginsky Mountain pass (the Sakhalin Island) had shown that activity of the avalanche processes and precipitation had evident 27-day cycle. On the basis of relationship between occurrences of avalanches, their volumes, and daily precipitation the Sun cycle method of forecast of these phenomena had been developed. Correctness of such forecast with earliness of 60 days is the following: for precipitation – 85–90%, for avalanches of different genetic classes – from 75 (syngenetic ones) to 95% (epigenetic ones).

### Введение

Одна из важнейших задач, решение которой необходимо при защите от снежных лавин и обеспечении экономически целесообразного функционирования хозяйственных объектов, — долгосрочный фоновый прогноз лавин на ограниченной территории (речной бассейн; участок морского побережья; макросклон горного хребта и т.д.) и для группы лавиносборов. Необходимость долгосрочного фонового прогноза изменения интенсивности проявления лавинных процессов для таких территорий очевидна. Так, в бассейне р. Мзымта, где размещены объекты Олимпийского комплекса (Красная Поляна), такой прогноз позволил бы с заблаговременностью 1–3 месяца планировать проведение массовых спортивных мероприятий с ми-

нимальным риском их срыва из-за массового схода лавин или выхода глубоких циклонов.

В настоящее время фоновый прогноз лавин может составляться как вероятностный с заблаговременностью не более 5–15 суток на основе синоптического прогноза или на основе прогноза формирования в снежной толще лавиноопасных слоёв в результате сублимационной перекристаллизации снежной толщи. Однако прогнозирование лавин возможно и на базе закономерностей изменения физических характеристик снежного покрова в результате геофизических процессов в системе «атмосфера–литосфера». Многие геофизические процессы в этой системе тесно связаны с аналогичными процессами на Солнце, которые оказывают определяющее влияние на геофизические процессы, происходящие на Земле [2, 3, 11–16]. Именно

поэтому лавинные процессы не составляют исключение и должны носить циклический характер.

Методы долгосрочного прогноза экзогенных геологических процессов на основе многолетних циклов солнечной активности разрабатывались ещё А.И. Шеко [16, 17]. На связь изменения солнечной активности с лавинообразованием обратил внимание Г.К. Тушинский [11]. Однако в своих работах он, как и А.И. Шеко, рассматривал только многолетние циклы солнечной активности и соответственно многолетние циклы изменения активности лавинных процессов. Вместе с тем для решения прикладных задач по защите от лавин необходимы методы их прогноза на период 15–90 суток. Такой прогноз можно попытаться разработать на основе эмпирических данных о лавинах и осадках как прогноз циклического изменения интенсивности лавинных процессов в соответствии с 27-дневным циклом изменения солнечной активности [8].

### Постановка задачи

Многие природные процессы относятся к циклическим и самоподдерживающимся в системе солнечно-земных связей. Примером могут служить волны погоды – колебания атмосферного давления с периодом 18–25 суток. Стационарные потоки солнечного ветра, вращаясь вместе с Солнцем, вызывают геомагнитные возмущения, которые повторяются каждые 27 суток в соответствии с периодом вращения Солнца [12]. Многие исследователи отмечали соответствие циклическости процессов, происходящих в магнито- и атмосфере Земли, циклам солнечной активности. Так, Л.Г. Данилов [3] обратил внимание на самопроизвольные колебания атмосферного давления с периодом 18–25 суток. Автоколебания в атмосфере возникали после прохождения группы пятен через центральный солнечный меридиан. С таким же периодом возникают и максимумы солнечных пятен, т.е. происходит циклическое изменение активности солнечного магнитного поля и соответственно изменение интенсивности геомагнитного поля. О существовании таких волн, как собственных затухающих колебаний атмосферного давления, писал В. Швердфегер [15]. Л.А. Вительс [2] указывал, что наблюдается соответствие минимумов и максимумов интенсивности циклонов определённым дням месяца. А.В. Дьяков [5] на основе данных многолетних наблюдений об-

наружил, что экстремумы энергии атмосферной циркуляции (энергетический цикл атмосферы), связанные с солнечными циклами, повторяются в среднем через 8,6 суток, увеличиваясь в периоды высокой солнечной активности до 12 суток. Существует статистически доказанная связь повторяемости изменений температуры внутри 27-дневного цикла оборота Солнца. Наиболее полно циклические связи между солнечными и земными процессами освещаются в работах А.Л. Чижевского [13, 14], который обращает внимание на повторяемость пертурбаций солнечного магнитного поля средней силы через 27 дней (период вращения Солнца), а сильных – примерно через 30 дней.

Изменение интенсивности солнечного магнитного поля приводит к колебаниям градиента атмосферного электрического поля Земли и связанных с ним теллурических, геомагнитных и других видов полей. В свою очередь, изменения этих полей периодически действуют на все геофизические процессы, протекающие в атмосфере и литосфере Земли. Снежный покров и лавины в этом отношении – не исключения из общей закономерности. Для обоснования взаимосвязи между лавинообразованием и циклическими процессами в системе солнечно-земных связей необходимо определить феноменологию лавинных процессов. Отметим, что лавины разных генетических типов не только имеют разные динамические характеристики, но и формируются под влиянием разных факторов, в том числе и геофизических (табл. 1).

Лавины следует описывать не как гидрологические или гравитационные явления, а как более сложный процесс, именно геофизический, начинающийся с момента образования снежного покрова в лавиноборе и заканчивающийся формированием лавинных отложений. На этапе развития снежной толщи в лавиноборе, как в самоорганизующейся системе (на стадии сублимационной перекристаллизации снежной толщи), именно геофизические процессы начинают играть ведущую роль в изменении несущей прочности и связанности снежного пласта, что, в конечном итоге, определяет характер лавинообразования как процесса, происходящего в триггерной геосистеме – лавинном комплексе [6]. Таким образом, при прогнозе лавин важнейшим вопросом становится их классификация. В настоящее время для решения многих задач лавиноведения наиболее продуктивен подход к классификации лавин, предложенный

Таблица 1. Генетические типы лавин и их средние характеристики (о. Сахалин, 1978–2013 гг.)

Генетический тип лавины	Плотность лавино-образующего снега, г/см <sup>3</sup>	Характер движения лавины	Максимальные характеристики лавины			Преобладающие процессы, определяющие генезис лавин	Критерий фонового прогноза лавин как циклического процесса в системе солнечно-земных связей
			объём, тыс. м <sup>3</sup>	дальность выброса, м	скорость, м/с		
<i>Сингенетические лавины</i>							
Метелевого снега (снежная доска)	0,20–0,50	Ламинарный, скольжение	5,0	400	30	Синоптические и гидрометеорологические	Циклическое изменение синоптических процессов
Снеготаяния	0,15–0,50	Ламинарный, вязкое течение	5,0	300	15		
Свежевыпавшего снега	0,05–0,15	Турбулентный	10,0	500	40		
<i>Эпигенетические лавины</i>							
Перекристаллизованного снега	0,22–0,38	Турбулентный, волновой процесс	> 50	> 1000	> 80	Геофизические в снежной толще	Циклическое изменение геофизических процессов
Смешанного перекристаллизованного и сухого свежевыпавшего снега	0,25–0,35		> 1400	3800	> 80	Геофизические в снежной толще в сочетании с гидрометеорологическими	Циклическое изменение геофизических и синоптических процессов
Смешанного перекристаллизованного и сухого метелевого снега	0,25–0,45		> 1000	> 2000	> 80		
Смешанного перекристаллизованного и мокрого снега	0,35–0,50		100	1200	50		

В.В. Дзюбой [4]. Этот прогноз наиболее полно отражает феноменологию лавинного процесса и основан на разделении лавин на три генетических класса: син-, эпи- и полигенетические.

Однако для решения задачи, рассматриваемой в настоящей статье, в классе эпигенетических лавин необходима более развёрнутая классификация лавин, связанных с перекристаллизацией снежной толщи [9], а лавины снеготаяния должны рассматриваться как лавины сингенетические. Лавины полигенетического класса целесообразно не выделять в отдельный класс, а рассматривать как эпигенетические, так как в их образовании доминируют процессы метаморфизма снежной толщи (триггерный механизм лавинообразования). С каждым генетическим типом лавин мы можем соотнести ряд процессов, которыми определяются ведущие факторы лавинообразования для данного типа лавин (см. табл. 1). Так, в образовании сингенетических лавин преобладают синоптические и метеорологические факторы, а эпигенетических лавин – геофизические факторы, которые вызывают изменение физических характеристик снежной толщи, определяющих её связность

и несущую прочность, в частности изменение электрических сил внутри снежной толщи [7]. Возможно также сочетание геофизических факторов с синоптическими и метеорологическими.

Таким образом, связь между образованием лавин сингенетического класса и суммой выпадающих осадков должна быть выражена достаточно чётко, поэтому для долгосрочного прогноза таких лавин на незначительной территории (речной бассейн, макросклон горного хребта и т.д.) можно ограничиться только циклическим прогнозом осадков или, что несколько шире, прогнозом изменения синоптической ситуации. Для лавин эпигенетического класса такая связь выражена не столь чётко, поэтому при их долгосрочном прогнозе должны в явном или неявном виде учитываться циклические изменения геофизических процессов, в частности, происходящие в системе солнечно-земных связей.

### Методы и решение

Для проверки гипотезы о цикличности лавинных процессов, их связи с циклами геомагнитной активности и оценки возможности прогноза лавин как циклического процесса проанализи-

Таблица 2. Алгоритм набора эмпирических данных о случаях схода лавин в 27-дневном цикле изменения солнечной активности по району исследования для построения графиков прогноза лавин (пример заполнения таблицы)

Характеристика	День цикла				
	1	2	3	...	27
Дата:					
01.01.1900 г.	0	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...
03.01.1935 г.	3*/10,5	0	1/1,5	...	1/1,2
04.01.1935 г.	0	0	1/0,5	...	2/1,9
...	...	...	...	...	...
23.03.2011 г.	1/15,2	1	2/0,8	...	0
24.03.2011 г.	4/8,8	0	0	...	1/1,0
Число дней с лавинами $n$	45	3	140	...	60
Число циклов $N$	200	200	200	...	200
Вероятность $n/N, \%$	22,5	0	70,0	...	30,0
Суммарный объём лавин, тыс. м <sup>3</sup>	102,9	1,7	630,3	...	210,8
Число лавин с объёмом, тыс. м <sup>3</sup> :					
более 100	0	0	5	...	2
50–100	0	0	15	...	5
10–50	7	0	35	...	12
5–10	29	0	45	...	8
1–5	10	1	15	...	14
менее 1	0	2	25	...	19
Максимальный объём лавин, тыс. м <sup>3</sup>	49,0	1,0	230,0	...	300,0
Генетические типы лавин (число лавин):					
сингенетические:					
нового снега	22	5	54	...	39
мокрого снега	22	0	35	...	27
эпигенетические	31	0	65	...	41

\*Число лавин/объём лавин, тыс. м<sup>3</sup>.

рованы данные о лавинных и метеорологических процессах за длительные периоды. По методу 27-дневных солнечных календарей А.Л. Чижевского [13] эмпирические ряды данных о лавинах и осадках были разбиты на 27 групп (в соответствии с 27-дневным циклом изменения солнечной активности) и внесены в таблицу с 27 графами с началом от произвольно выбранной даты. В таблицу вносили эмпирические данные о числе лавин за сутки, их суммарном и максимальном объёмах, объёмах лавин по градациям и о генетических типах лавин (табл. 2). Аналогичные таблицы составлялись на основе эмпириче-

Таблица 3. Алгоритм набора эмпирических данных о сумме осадков в 27-дневном цикле изменения солнечной активности по району исследования для построения графиков прогноза осадков (пример заполнения таблицы)

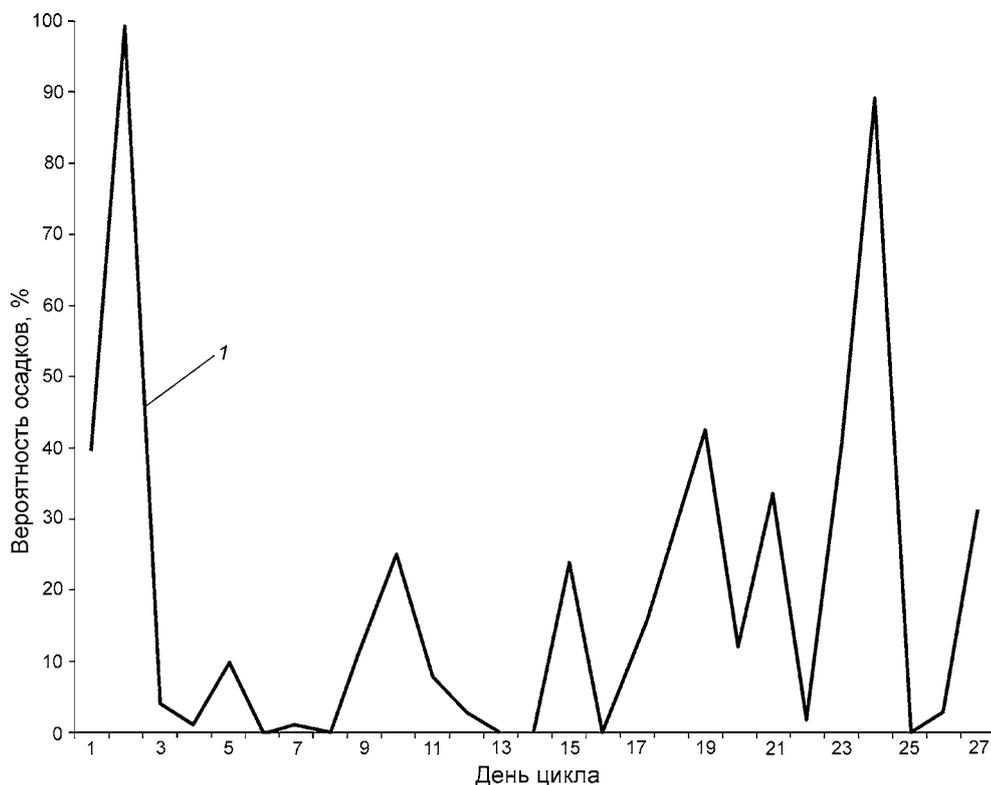
Характеристика	Сумма осадков (мм) по дням цикла				
	1	2	3	...	27
Дата					
01.01.1900 г.	1,5	22,5	0,5	...	32,5
...	...	...	...	...	...
03.01.1935 г.	10,2	1,0	15,7	...	0
04.01.1935 г.	0	3,0	30,0	...	3,2
...	...	...	...	...	...
23.03.2011 г.	0	8,3	0,3	...	0,7
24.03.2011 г.	0	1,6	1,0	...	42,9
Число дней с осадками $n$	35	90	54	...	23
Число циклов $N$	100	100	100	...	100
Вероятность $n/N, \%$	35	90	54	...	32
Число случаев с суточной суммой осадков, мм:					
без осадков	30	20	11	...	12
1–5	27	67	22	...	58
5–10	20	13	22	...	12
10–15	3	0	15	...	10
12–20	15	0	14	...	0
20–30	0	0	9	...	1
более 30	5	0	7	...	2
максимальное	32,8	0,5	23,0	...	43,0

ских данных об осадках, куда вносили суточные суммы осадков по градациям осадков (табл. 3). За вероятность образования лавин  $V$  в каждый день цикла принималось среднее значение числа лавин за день цикла (за период наблюдений). Среднее число случаев в 1 –  $n$  день цикла образования лавин (частота) в процентах для каждого дня 27-дневного цикла оценивалось по формуле

$$V = (n/N)100,$$

где  $V$  – среднее значение числа лавин за день цикла, %;  $n$  – суммарное число лавин за день цикла за все циклы за период выборки;  $N$  – число циклов.

Аналогичным образом рассчитывались вероятности формирования лавин разных объёмов, разных генетических классов и осадков по градациям (см. табл. 2 и 3). По результатам полученных обобщённых данных составлялись графики связи числа, объёма, типов лавин и суточных сумм осадков с 27-дневным солнечным циклом (рис. 1, 2).

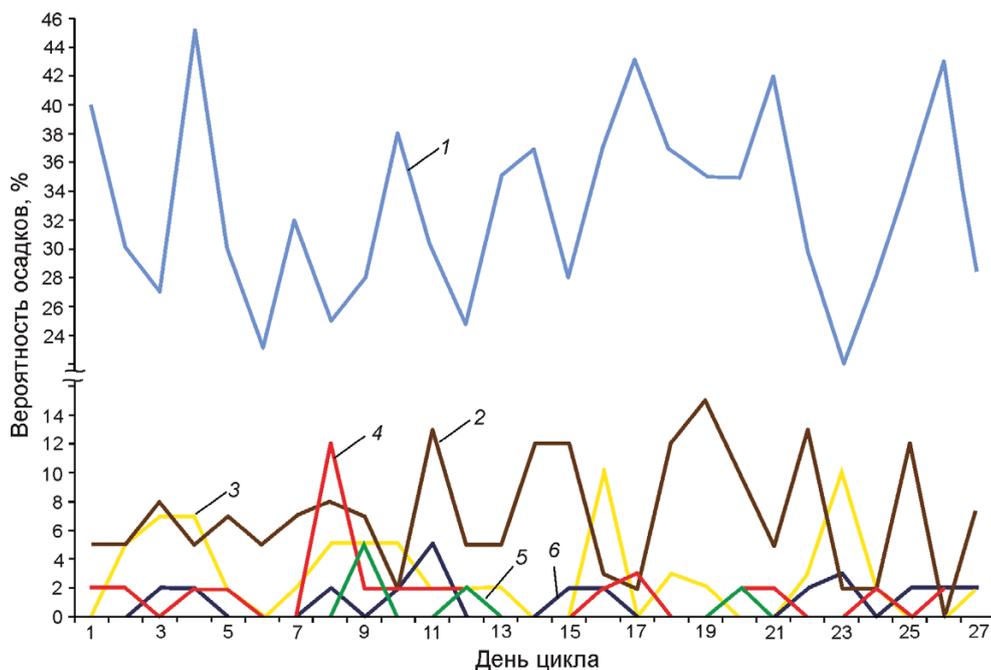


**Рис. 1.** Долгосрочный прогноз лавин по 27-дневному циклу изменения солнечной активности (Чамгинский перевал, Восточно-Сахалинские горы, о. Сахалин).

1 – дни с лавинами

**Fig. 1.** Long-term prognosis of avalanches on the 27-daily cycle of change of sun activity (Tshamginskiy mountain pass Sakhalin Island, Vostochno-Sakhalinские Mountains).

1 – days with avalanches



**Рис. 2.** Долгосрочный прогноз осадков по 27-дневному циклу изменения солнечной активности (г. Томари, о. Сахалин).

Суточная сумма осадков, мм: 1 – менее 5; 2 – 5–10; 3 – 10–15; 4 – 15–20; 5 – 20–30; 6 – более 30

**Fig. 2.** Long-term prognosis of precipitations on the 27-daily cycle of change of sun activity (Tomari, Sakhalin Island).

Day's precipitations, mm: 1 – less than 5; 2 – 5–10; 3 – 10–15; 4 – 15–20; 5 – 20–30; 6 – more than 30

Полученные графики использовались для прогноза лавин и осадков. Поскольку ритмы погоды имеют выраженное несовпадение даже в близких районах со сложным рельефом, где на атмосферные процессы сильно влияют орографические факторы, прогноз лавин и осадков на основе солнечных

циклов необходимо разрабатывать как прогноз по точке (для речного бассейна, участка морского побережья, макросклона горного хребта и т.д. или группы однотипных лавинных комплексов).

Для проверки гипотезы построены таблицы повторяемости явлений на основе эмпирических

данных о лавинах и осадках. Ряды данных имели разную длительность:

1) для Хибин (Кольский полуостров) – выборка данных о случаях схода лавин за 1935–1986 гг. и суточных суммах осадков за 1983–1986 гг.;

2) для Чамгинского перевала (о. Сахалин, Восточно-Сахалинские горы) – выборка данных о случаях схода лавин за 1979–1992 гг. и суточных суммах осадков за 1982–1992 гг.;

3) для г. Южно-Сахалинск – выборка данных о суточных суммах осадков за 1945–1990 гг.;

4) для г. Томари (юго-западное побережье о. Сахалин) – о суточных суммах осадков за 1988–1992 гг.

Анализ результатов наблюдений за лавинами и осадками в Хибинах и на Чамгинском перевале показал, что активность лавинных процессов и атмосферных осадков имеет выраженный 27-дневный цикл, в соответствии с которым изменяются суточные число, объём лавин и сумма осадков. На основе графиков связи числа, объёма, генетического класса лавин и суточных сумм осадков с солнечным и лунным циклами построены прогностические графики для прогноза лавин и осадков по районам перевала Кукисвум (Хибины), Чамгинского перевала, городов Южно-Сахалинска и Томари (осадки). Дополнение эмпирических данных о повторяемости явлений в соответствии с 27-дневным циклом изменения солнечной активности аналогично построенной эмпирической выборке повторяемости явлений в соответствии с 29-дневным лунным циклом (синодическим месяцем) заметно повысило точность прогноза.

### Результаты

Методика фонового долгосрочного прогноза лавин и осадков по 27-дневному циклу изменения солнечной активности в 1987–1988 гг. была проверена в долинах рек Куньёк и Кукисёк (перевал Кукисвум), а в 1993–1995 гг. – на Чамгинском перевале. Методика фонового долгосрочного прогноза осадков проверена в 1991–1999 гг. для городов Южно-Сахалинск и Томари. В качестве критерия оправдываемости прогноза лавин принимался факт схода хотя бы одной лавины на территории, по которой составлялся прогноз; в качестве критерия оправдываемости прогноза осадков – факт выпадения осадков с суточной суммой, соответствующей количе-

ственной градации, указанной в прогнозе. Анализ результатов показал, что имеют выраженную цикличность: 1) повторяемость и объёмы лавин нового снега (свежевыпавшего и метелевого) и лавин смешанного снега (свежевыпавшего и перекристаллизованного), т.е. лавин, формирующихся во время метелей и снегопадов при выходе циклонов; 2) повторяемость снегопадов и суммы осадков по количественным градациям с шагом 10 мм (т.е. периодичность атмосферных процессов, в том числе циклонов); 3) повторяемость лавин, связанных с перекристаллизацией снежной толщи и формирующихся при ясной погоде; эти случаи, вероятно, следует связывать с изменением геофизических (в частности, геомагнитных) полей, вызывающих изменение физических процессов внутри снежной толщи.

Оценка оправдываемости прогноза лавин и осадков выполнялась как расчёт частотного критерия эффективности прогноза [17]:

$$K = (p/P)100,$$

где  $K$  – оправдываемость прогноза, %;  $p$  – число оправдавшихся прогнозов;  $P$  – общее число проверяемых прогнозов.

Прогноз лавин и осадков по разработанной методике позволил получить следующие результаты: 1) при заблаговременности до 60 суток оправдываемость прогноза составила: осадков – 85–90%; лавин нового снега – 90–95%; лавин перекристаллизованного снега – 75–80%; 2) при заблаговременности до 10 суток оправдываемость прогноза составила: осадков – 90–95%; лавин нового снега – 95%; лавин перекристаллизованного снега – 75–80%.

### Обсуждение результатов

Недостаток предлагаемой методики – необходимость набора длинных рядов эмпирических данных об осадках и лавинах, которые для многих районов отсутствуют. Однако, как показал опыт построения прогностических графиков, на начальном этапе работ в неизученном районе можно выделить циклы на основе собственных наблюдений за 6–12 месяцев. Точность прогноза на основе таких коротких рядов существенно ниже, но по мере набора данных при корректировке прогностических графиков точность прогноза постепенно повысится.

Требуется также подготовка данных для выборки о лавинах разных генетических типов. Большинство исследователей относили и относят к лавинам свежеснеговывалившего или метелевого снега лавины смешанного генезиса (эпигенетический класс), которые сошли во время сильных снегопадов и метелей; эпигенетические лавины смешанного сухого перекристаллизованного и мокрого снега, сошедшие во время оттепелей, обычно описываются как инсоляционные или адвекционные. Однако в большинстве случаев лавины смешанного снега — лавины больших объёмов — относятся к лавинам эпигенетического класса (см. табл. 1). Причина ошибочности отнесения таких лавин к сингенетическим состоит в том, что при описании сошедших лавин, согласно генетической классификации В.Н. Аккуратова [1, 9, 10], все лавины, сошедшие во время снегопадов и метелей, описываются как лавины свежеснеговывалившего или метелевого снега, а лавины, сошедшие во время оттепелей, — как инсоляционные или адвекционные. При этом не учитывается такой важнейший фактор лавинообразования, как перестройка структуры и текстуры снежной толщи в результате её метаморфизма. Тем не менее, при наличии данных наблюдений за осадками, метелевым переносом снега и срочной температурой воздуха можно рассчитать объём свежеснеговывалившего, метелевого и мокрого снега, определить его долю в общем объёме лавины и таким образом установить принадлежность лавины к эпигенетическому или сингенетическому классу.

Случаи схода сингенетических лавин, как и должно быть, совпадают с периодами циклического изменения синоптической ситуации: с периодами выпадения осадков и периодами повышения температуры воздуха до 0 °С или до положительных значений. Случаи схода лавин эпигенетического класса во время снегопадов или оттепелей также объяснимы. А достаточно редкие случаи схода лавин эпигенетического класса в дни с ясной морозной погодой можно отнести именно к воздействию геофизических процессов. Два таких случая наблюдались на перевале Кукисвум зимой 1987/88 г.: сошли лавины старого снега объёмом 200–1000 м<sup>3</sup>. Дни с ожидаемым сходом лавин этого типа, прогнозируемые по рассматриваемой в настоящей статье методике прогноза, были предсказаны с заблаговременностью 58 суток. В 1993–1995 гг. на Чамгинском перевале произошло три

случая схода лавин старого снега объёмом 800–6000 м<sup>3</sup> в дни с ясной морозной погодой. Дни с ожидаемым сходом лавин этого типа были предсказаны с заблаговременностью 45 суток.

Повторяемость осадков с разными значениями суточных сумм осадков носит чётко выраженную цикличность, связанную с цикличностью атмосферных процессов и может достаточно надёжно прогнозироваться даже при наличии сравнительно коротких рядов наблюдений (10–15 лет). Наиболее успешно прогнозируются сильные осадки, связанные с выходом глубоких циклонов, что хорошо объясняется циклами атмосферной циркуляции. Тем не менее, отметим, что редкие случаи неоправдавшихся прогнозов осадков (1–2%) связаны именно с выпадением очень сильных осадков (более 50 мм за сутки) на общем фоне хорошей оправдываемости прогнозов именно сильных осадков. Видимо, эти факты вызваны флуктуациями явлений вероятностно-стохастического характера, возникающими как локальные возмущения в нелинейной системе — атмосфере Земли.

Долгосрочный фоновый прогноз лавин и осадков на основе 27-дневного цикла изменения солнечной активности успешно использовался при обеспечении противолавинной безопасности автолесовозной дороги Верхне-Тымского леспромхоза с. Ясное — Чамгинский перевал — пос. Загорный в 1992–1995 гг. и позволил заблаговременно планировать массовую вывозку заготовленного леса и перевозку большого числа работников леспромхоза, что способствовало максимальному снижению лавинных рисков для персонала и времени простоя лесовозной техники.

## Выводы

Активность лавинных процессов и периодов выпадения атмосферных осадков имеет выраженный 27-дневный цикл, в соответствии с которым изменяются суточное число и объём лавин, генетические типы лавин и суточная сумма осадков. Методика долгосрочного фонового прогноза лавин и осадков как циклических процессов на основе 27-дневного цикла изменения солнечной активности может успешно применяться при обеспечении лавинной безопасности объектов и территорий. Поскольку ритмы погоды не совпадают даже в близких районах со сложным рельефом, где

сильное влияние на атмосферные процессы оказывают орографические факторы, прогноз лавин и осадков на основе солнечно-лунных циклов необходимо разрабатывать как прогноз по точке.

### Литература

1. Аккуратов В.Н. Генетическая классификация лавин // Тр. Эльбрусской высокогорной экспедиции. 1959. Т. 1 (4). С. 206–208.
2. Вительс Л.А. Синоптическая метеорология и гелиогеофизика: Избранные труды. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 251 с.
3. Данилов Л.Г. Волны погоды. Винница, 1926. 47 с.
4. Дзюба В.В. Географические принципы разработки методик прогноза лавиноопасных периодов для малоисследованных районов: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1983. 23 с.
5. Дьяков А.В. Использование информации об активности Солнца в гидрометеорологическом прогнозировании на длительные сроки (1940–1972) // Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды: Тр. 1-го Всес. совещ. Л.: Гидрометеиздат, 1972. С. 307–313.
6. Казаков Н.А. Природный лавинный комплекс как триггерная геосистема: предпосылки управления лавинным процессом // Оценка и управление природными рисками: Материалы общерос. конф. «Риск–2003». М.: изд. АНКИЛ, 2003. С. 344–348.
7. Казаков Н.А. Экспериментальные исследования электрических характеристик снежного покрова // Тез. докл. Междунар. симпозиума «Физика, химия и механика снега». Южно-Сахалинск: изд. КАНО, 2011. С. 73–75.
8. Казаков Н.А. Прогнозирование снежных лавин на основе 27-дневных циклов солнечной активности // Тез. докл. науч. конф. «Геодинамические процессы и природные катастрофы в Дальневосточном регионе». Южно-Сахалинск: изд. ИМГиГ ДВО РАН, 2011. С. 148–149.
9. Казаков Н.А., Боброва Д.А. Динамика лавин разных генетических классов и проблемы моделирования лавин // Тез. докл. II Междунар. симпозиума «Физика, химия и механика снега». Южно-Сахалинск: изд. ИМГиГ ДВО РАН, 2013. С. 93–97.
10. Руководство по снеголавинным работам (временное). Л.: Гидрометеиздат, 1964. 397 с.
11. Тушинский Г.К. Космос и ритмы природы Земли. М.: Просвещение, 1966. 119 с.
12. Физика космоса. М.: Советская энциклопедия, 1966. 783 с.
13. Чижевский А.Л. Физические факторы исторического процесса. Калуга: 1-я Гостиполитография, 1924. 72 с.
14. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 367 с.
15. Швердфегер В. Погода и климат Антарктики. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 264 с.
16. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. М.: Недра, 1980. 296 с.
17. Шеко А.И., Постоев Г.П., Круподёров В.С., Дьяконова В.И., Мальнева И.В., Парфенов С.И., Бондаренко А.А., Круглова Л.В. Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов в системе государственного мониторинга геологической среды. М.: изд. ВСЕГИНГЕО, 1999. 79 с.

### Summary

Many natural processes on the Earth are the cyclic ones and they are self-sustaining within a system of the Sun–Earth relations. To verify our hypothesis on a cyclic occurrence of the avalanche processes and to estimate a possibility to predict avalanches as a cyclic process we had analyzed information about avalanches and meteorological processes (number of avalanches per a day, their total and maximal volumes, and daily sums of precipitation) using the method of 27-day Sun (solar) calendars by A. Chizhevskiy. Analysis of results of such studies obtained in Khibini (Kola peninsula, for 1935–1986) and on a Chamginskiy mountain pass (the Sakhalin Island, Vostochno-Sakhalinsk Mountains, for 1982–1992) had shown that activity of the avalanche processes and the atmospheric precipitation had evident 27-day solar cycle. Cyclicity of appearance and volume of avalanches of both syngenetic and epigenetic types is established as well as of the precipitation in quantitative gradations. Procedures of prediction of number and volume of avalanches and daily precipitation were developed on the basis of their relationship with the Sun cycles. Verification of the method proposed in this article by the data obtained in Khibini (Kukisvum mountain pass, 1987–1988) and on the Sakhalin Island (Chamginskiy mountain pass, 1993–1995; Yuzhno-Sahalinsk; Tomari, 1991–1999) had demonstrated that correctness of such forecast with earliness of 60 days is as follows: for precipitation – 85–90%; the new snow avalanches of new snow – 90–95%; avalanches of recrystallization snow – 75–80%. At that with earliness of 10 days: precipitation – 90–95%; avalanches of new snow – 95%; avalanches of recrystallization snow – 75–80%.