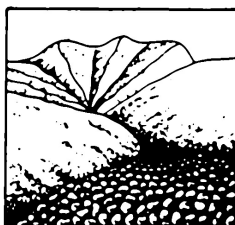


Труды Международной конференции

# **СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита**

---

Пятигорск, Россия, 22-29 сентября 2008 г.



Ответственный редактор  
С.С. Черноморец

---

Институт «Севкавгипроводхоз»  
Пятигорск 2008

Proceedings of the International Conference

# **DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection**

---

Pyatigorsk, Russia, 22-29 September 2008



Edited by  
S.S. Chernomorets

---

Sevkavgirovodkhoz Institute  
Pyatigorsk 2008

УДК 551.311.8  
ББК 26.823

**Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита.** Труды Международной конференции. Пятигорск, Россия, 22-29 сентября 2008 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец. – Пятигорск: Институт «Севкавгипроводхоз», 2008, 396 с.

**Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection.** Proceedings of the International Conference. Pyatigorsk, Russia, 22-29 September 2008. – Ed. by S.S. Chernomorets. – Pyatigorsk: Sevkavgirovodkhoz Institute, 2008, 396 p.

Ответственный редактор: С.С. Черноморец  
Edited by S.S. Chernomorets

Редакция английских аннотаций: К. Маттар и О. Тутубалина  
English versions of abstracts edited by K. Mattar and O. Tutubalina

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).  
Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-5-91266-010-8

© Селевая ассоциация  
© Институт «Севкавгипроводхоз»

© Debris Flow Association  
© Sevkavgirovodkhoz Institute



## **Анализ криогенных формаций как инструмент прогнозирования и минимизации риска селевых явлений Кавказа**

**И.В. Бондырев**

*Институт географии Вахушти Багратиони, Министерство образования и науки Грузии, Тбилиси, Грузия*

## **Analysis of the cryogenic formations as an instrument of mudflow forecasting and risk mitigation in the Caucasus**

**I.V. Bondyrev**

*Vakhushti Bagrationi Institute of Geography, Ministry of Education and Science of Georgia, Tbilisi, Georgia*

Дан анализ криогенных формаций Кавказа, как основного источника формирования селевых очагов. Предложен расчет глубины сезонного промерзания почвогрунтов для различных участков, а также – скорости дезинтеграции коренных пород под воздействием морозного выветривания. Знание этих параметров позволят рассчитать время, необходимое для накопления критической массы в селевых очагах.

Our analysis presents cryogenic formations in the Caucasus as the main source of debris flow initiation zones. Calculation of the active layer depth and of velocities of disintegration of the bedrock under the influence of frost weathering has been performed for various areas. Knowledge of these parameters enables us to calculate the time required for accumulation of critical mass in debris flow initiation zones.

Огромные массы скоплений несвязанных рыхлых горных пород в высокогорной зоне Кавказа представляют собой неистощимый источник питания селевых потоков. Именно перигляциальный режим климатической обстановки создает предпосылки для формирования селевых очагов и их периодическое опустошение в виде селевых потоков. Здесь же следует отметить, что значительная часть так называемых «гляциальных селей» имеет перигляциальный характер. Рассмотрим эти вопросы более широко.

Современная площадь распространения криогенных процессов на Южном склоне Центрального Кавказа (Грузия) составляет 3,3 тыс. км<sup>2</sup>, в пределах РСО-Алания – 5,4 тыс. км<sup>2</sup>, а в Кабардино-Балкарии – 4,6 тыс. км<sup>2</sup>. На территории Понтидских гор и Иранского нагорья эти процессы так же широко распространены, занимая площадь в 14,2 тыс. км<sup>2</sup>.

В зависимости от высоты местности меняется набор факторов, определяющих генезис и морфологию форм криогенного или перигляциального рельефа. Выделяется три гипсометрических уровня:

1. Верхний пояс, занимающий все пространство нивальной зоны и ограниченный снизу линией снежной границы, которая проходит здесь на высоте 3000-3200 м над у.м. Тут развиты преимущественно процессы морозного выветривания и гравитационно-осыпные процессы, которым принадлежит основная роль в формировании облика современного рельефа.

2. Средний пояс располагается ниже снеговой линии и практически совпадает с зоной альпийских и субальпийских ландшафтов. Нижняя граница представлена верхним пределом распространения лесной растительности и в зависимости от конкретных условий колеблется от 1750 до 2300 м над у.м. Здесь преобладают склоновые (солиф-

люкция, курумы, каменные и снежные лавины, осыпные шлейфы, сели и т.д.) и плоскостные (полигонально-структурные грунты, каменные мостовые, туфуры) процессы перигляциального морфогенеза.

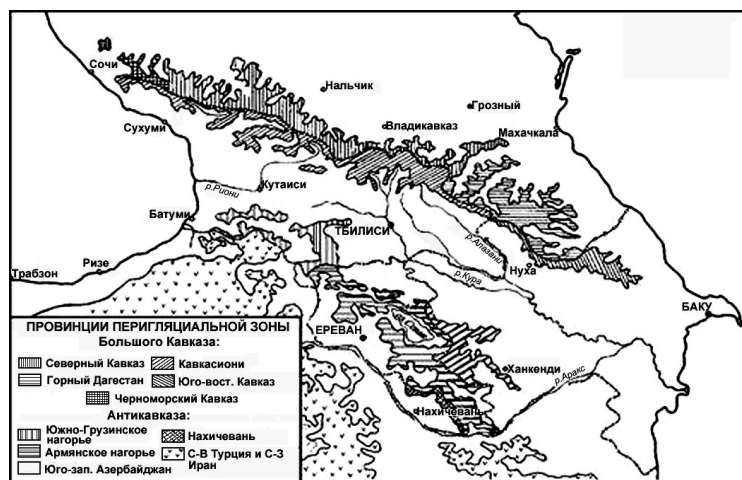


Рис. 1. Характер распространения криогенных формаций на территории Кавказско-Понтийского региона

3. Нижний пояс представляет собой область распространения реликтовых криогенных образований (флювиогляциальные отложения, криотурбации и др.) и опускается, в пределах исследуемого региона, до 1400-1600 м над у.м.

Величина сезонного промерзания почвогрунтов является важной характеристикой при определении основных рельефообразующих процессов в высокогорье. Знание этих параметров помогает при решении инженерно-геологических, строительных, агробиологических и других задач. Нами было предложено теоретическое определение значений глубины сезонного промерзания для различных пунктов перигляциальной зоны Грузии, по которым имелся минимум необходимой информации.

Для этого была использована формула Будникова, с вводимой нами поправкой на высокогорный характер рельефа, высоту снежного покрова и влияние ветра. Сравнение полученных данных с теми немногими данными о глубине сезонного промерзания, которые содержатся в метеорологических ежегодниках Гидрометслужбы Грузии или же были практически определены нами в поле, показали лишь незначительные расхождения этих величин (не более 3–6 см). Полученные данные справедливы только для субгоризонтальных поверхностей лишенных почвенно-растительного покрова, имеющих схожий механический состав и одинаковую влажность. Расчеты проводились по формуле:

$$h_{np} = 5k \left[ \sqrt{Tn - \frac{50 \ell (n_1 + L)}{t \sqrt{H \cdot V}}} \right]$$

где:  $\sqrt{Tn}$  - формула Будникова,  $k$  – литологический коэффициент, условно принимаемый равным единице,  $T$  – средняя температура воздуха за зимний период,  $t$  – средняя температура поверхности почвы за зимний период,  $n$  – продолжительность периода с отрицательными температурами,  $n_1$  – то же, с положительными температурами за зиму,  $H$  – высота местности над у.м. (м),  $V$  – средняя максимальная скорость ветра за зиму (м/с),  $L$  – высота снежного покрова (средняя за зиму).

Таблица 1 дает представление о величине сезонного промерзания почво-грунтов ряда пунктов перигляциальной зоны Грузии.

Таблица 1. Значения максимума сезонного промерзания почво-грунтов в ряде пунктов перигляциальной зоны Грузии.

Пункт	Н (высота над у.м.)	Средняя температура за зиму, °С		n	l	Y	X	X1	X2
		T	t						
Цхинвали	862	-0,7	-4,1	79	12	12	37	21	20м
Цалка	1458	-3,3	-5,0	85	24	26	83	73	69п
Гагрский хр.	1644	-1,4	-3,0	79	9	20	52	39	-
Омало	1880	-7,9	-9,7	90	13	5	133	132	-
Лагодехи высокогорная	1997	-6,5	-9,3	89	50	30	118	115	-
Годерзский пер.	2026	-7,3	-9,0	90	124	40	130	55	50п
Родионовка	2100	-10,2	-10,2	90	9	40	131	130	130 м
Гудаури	2194	-6,9	-9,6	90	29	10	124	122	-
Эрмани	2240	-7,5	-11,3	90	29	26	130	130	-
Крестовый пер.	2389	-9,2	-12,6	90	38	28	146	146	-
Мамисонский пер.	2854	-11,4	-	90	5	34	160	160	-
Казбеги высокогорная	3653	-14,6	-	90	7	40	190	190	-

X - данные, полученные по формуле Будникова; X1 - наши расчетные данные; X2 - данные полевых наблюдений (п) и данные метеостанций (м).

Нами предложен новый подход к классификации перигляциальных образований, в основу которого положено представление о «криогенной формации», как некой совокупности форм криогенного рельефа, объединенных как генетическими (единые механизмы формирования), так и региональными (характер подстилающей поверхности и свойства слагающих ее грунтов). Данные формации характеризуются следующими закономерностями своего пространственного размещения:

1. Формации, приуроченные к скальным грунтам, занимают пояс вершин, гребней водоразделов и крутых склонов высокогорья;

2. Формации, приуроченные к грубообломочным грунтам и галечникам, размещаются преимущественно на пологих склонах и у подножий горных хребтов и массивов в диапазоне 2700–1900 м над у.м.;

3. Формации, приуроченные к мелкообломочным и щебнистым грунтам, наиболее ярко выражены на высокогорных плато, в зоне развития неоген-четвертичного вулканизма;

4. Формации, приуроченные к суглинистым и задернованным поверхностям, охватывают довольно широкий диапазон высот, но, в основном, тяготеют к зоне альпийских и субальпийских лугов, а также – пойменным участкам высокогорной зоны.

Инструментально-режимными наблюдениями, проведенными на Млетском полигоне (бассейн р. Арагви), в зависимости от уклонов склона и степени дернового покрытия, скорость смещения склоновых отложений измеряется в широком диапазоне (от 15 до 150 мм/год), а в некоторых местах, солифлюкционные оплывы имеют катастрофический характер, оголяя на своем пути коренные породы. Солифлюкционные процессы нарушают целостность растительного покрова, создавая многочисленные горизонтальные микроперегибы склона и формируя многочисленные селевые очаги.

При оценке активности и степени воздействия криогенных процессов на окружающую среду следует оценивать интенсивность их перемещения по склону. Так, интенсивность перемещения каменных шлейфов составляет 0,029–0,190 мм/год, солифлюкций 0,0001–0,170 мм/год, осыпей 0,003–0,045 мм/год.

Возможность определения скорости морозного выветривания различных типов горных пород давно привлекала исследователей, как с точки зрения чистой науки, так и возможности их использования в хозяйственных целях.

С этой целью нами был проведен ряд экспериментальных исследований значения величины и скорости морозного выветривания различных типов горных пород. Так в качестве образца № 1 был использован керн со скважины Тбилисской площади, представлявший собой карбонатную мелкозернистую породу эоценового возраста (мер-

гель), взятый в интервале глубин 2574–2580 м. Другой образец представлял собой монолит андезито-дацитовых лав (содержание  $\text{SiO}_2$  – 50%) с вершины массива Эмликли (2750–2800 м над у.м., Южная Грузия).

В специальной установке создавались условия, аналогичные природным условиям высокогорий. Опыты продолжались 31 день. За это время было проведено более 315 смен режима «замораживание – оттаивание». Обработка полученных результатов позволила вплотную подойти к решению таких вопросов, как определение скорости дезинтеграции горных пород под воздействием морозного выветривания. Приводятся расчетные данные (табл. 2), определяющие скорость морозного выветривания с единицы площади, в зависимости от литологии горных пород и степени их увлажнения.

Таблица 2. Экспериментальное определение скорости морозного выветривания горных пород

№ варианта	Средняя амплитуда колебания температур за все время эксперимента	Площадь замораживаемой поверхности	Начальный вес образца (г)	Вес замерзшего образца	Количество циклов замораживания-оттаивания	Вес дезинтегрированных частиц	Скорость дезинтеграции с 1 м <sup>2</sup> замораживаемой поверхности в сутки (гр/м <sup>2</sup> ·сутки)	Скорость дезинтеграции (мм/год)
2 – переувлажненный	28,2°С	22,56	31,70	31,74	80	0,73	4,0514	0,288
1 - сухой		31,34	41,10	41,47	80	0,07	0,2819	0,040
4 – переувлажненный		34,23	41,94	42,03	70	0,53	2,2079	0,672
3 сухой		37,84	25,19	25,45	70	0,10	0,3790	0,047

Исходя из того, что в пределах исследуемого региона процессы морозного выветривания развиваются почти в аналогичных условиях, то появляется возможность использовать расчетные данные эксперимента для расчета аналогичных параметров в реальной обстановке высокогорья, учитывая при этом микроклиматические особенности и вводя на них поправку.

В заключение следует отметить:

Такие формации, как каменных морей и чехлов, каменных потоков и конусов осыпания, погребенных снежно-ледяных масс, флювиогляциальная, поверхностно-моренных чехлов и полосчатых грунтов являются активным поставщиком твердой составляющей селя;

Крутизна склонов, антропогенно измененные верхняя (снижена) и нижняя (поднята) границы леса, значительное количество атмосферных осадков, все это способствует реализации условий образования селей;

Учитывая чрезвычайные темпы глобального потепления, в высокогорье Кавказа следует ожидать таяния не только ледниковых покровов, но и многолетнемерзлых пород, что еще больше усложнит ситуацию, освобождая склоны от «бронирующих» их мерзлотных образований.

Данные по определению скорости морозного выветривания во многом будут способствовать определению времени, необходимого для накопления селеопасных скоплений материала и принятия конкретных мер по их предотвращению.