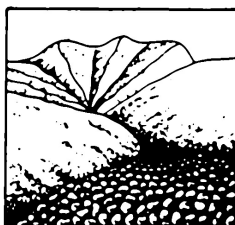


Труды Международной конференции

# **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: Geografiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-5-91266-010-8

© Селевая ассоциация  
© Институт «Севкавгипроводхоз»

© Debris Flow Association  
© Sevkavgirovodkhoz Institute



## Срыв ледника Колка и глиссирующий механизм формирования ледово-водо-каменного селя 2002 года

В.Л. Познанин

*Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов  
Министерства природных ресурсов и Российской академии наук, Москва, Россия*

## Failure of the Kolka Glacier and gliding mechanism of the formation of the ice-water-rock debris flow in 2002

V.L. Poznanin

*Institute of Mineralogy, Geochemistry and the Crystal Chemistry of the Rare Elements of  
the Natural Resources Ministry and the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Рассмотрен процесс формирования Геналдонской катастрофы 2002 г. Срыв ледника Колка, его глиссирующий разгон и динамическое разрушение привели к вынужденной трансформации ледникового тела в ледово-водо-каменный селя с расходом ок. 2 млн. м<sup>3</sup>/с. Установлено, что срыв был вызван потерей сцепления ледника с водонасыщенным пористым слоем при гидравлическом ударе силой до 40 МПа, в результате чего возникли три взаимосвязанных тела-потока: селевой (20 м/с), двигавшийся перед фронтом набравшего скорость ледника; ледниковое тело (3–35 м/с), глиссировавшее по поверхности селя; селеподобный поток (50 м/с), сброшенный вправо инерцией с поверхности ледника. Анализ их взаимодействия при скользящем ударе ледникового тела о дно долины ниже языка Майли привел к выводу о формировании при ударе функционально устойчивой структуры – объема подвижных ледяных блоков, насыщенных циркулирующей водо-грунтовой массой и окруженных вязкой грязекаменной оболочкой – тела ледово-водо-каменного селя с глиссирующим механизмом высокоскоростного (60 м/с) движения потока.

We consider the process of the formation of the Genaldon catastrophe in 2002 in detail. The failure of the Kolka glacier, gliding acceleration and dynamic destruction led to a forced transformation of the glacier body into an ice-water - rock debris flow with a discharge of ca. 2 million m<sup>3</sup>/sec. We establish that the failure was caused by the loss of cohesion between the glacier and the water-saturated porous layer at hydraulic impact by a force of up to 40 MPa. Therefore three interconnected bodies-flows appeared: the debris flow (with a velocity of 20 m/s), which moved in front of the accelerating glacier; a glacial body (3–35 m/s), which glided on the surface of this debris flow; and the debris flow-type stream (50 m/s), which was deflected to the right from the surface of the glacier by the force of inertia. The analysis of their interaction during the sliding impact of the glacial body on the bed of the valley below the Maili glacier snout leads us to the conclusion that during the impact a functionally steady structure was formed. This was a volume of the mobile ice blocks, saturated with the circulating water-debris masses and surrounded by the viscous mud-and-gravel environment – the body of the ice-water - rock debris flow with the gliding mechanism of the high-speed (60 m/s) movement.

В отличие от существующих представлений о причинах Геналдонской ледниковой катастрофы 2002 г. (Десинов, Котляков, 2005; Муравьев, 2005; Рототаева и др., 2005 и др.) мы сформулировали и последовательно развиваем идею о срыве Колки в результате саморазвития ледника, основываясь на общих представлениях о гляциальных системах, физических расчетах, отражающих поведение тех или иных объемов горных пород, льда, воды в процессе их взаимодействия, изменения, движения, установленных по следам катастрофы. Суть предлагаемой идеи в следующем.

Импактный механизм подготовки катастрофы в результате падения серии крупных обвалов горных пород и льда вызвал возникновение ёмкости импактного селевого очага в тыловой части цирка, а также резкое ударно-механическое изменение структуры ледника на контакте с ложем, где сформировался мощный пористый слой дробленого льда объемом около 35 млн. м<sup>3</sup> (Познанин, Геворкян, 2007). В селевом очаге и пористом слое скопилось более 11 млн. м<sup>3</sup> воды, которая находилась в напорном состоянии. Рост уровня воды до критического значения привел к сработке гидравлического механизма отделения ледника от ложа вследствие серии мощных гидравлических ударов. В результате ударов ледник потерял сцепление с ложем и, залегая на несжимаемой водонасыщенной массе пористого слоя, начал ускоренное гравитационное движение, которое представляло собой глиссирующий разгон, динамическое разрушение и трансформацию ледникового тела в ледово-водо-каменный сель с расходом до 2 млн. м<sup>3</sup>/с.

Принятые в селевой науке представления о стадийности селевых процессов и зональности селевых бассейнов использованы нами таким образом, что стадия формирования селя для удобства анализа и синтеза сложного, но единого явления, разделена на 4 элемента-стадии: 1) срыв ледника при выравнивании бокового перекаса; 2) разгон ледникового тела с инерционным сбросом селеподобного потока; 3) динамическое разрушение тела при потере опоры; 4) формирование глиссирующего механизма ледово-водо-каменного селя. Выделенным стадиям (точнее – подстадиям) соответствуют определенные временные интервалы между поверхностными сейсмическими толчками, маркирующими проявление ключевых событий в развитии катастрофы. Специальная проработка продолжительности временных интервалов между толчками и сопоставление их с характером и лавинообразным развитием катастрофы, привели к выводу о том, что минимальному интервалу времени (30 с) соответствовало кардинально значимое событие – срыв и скользящий удар ледника о левую боковую морену.

Срыв ледника Колка был обусловлен потерей сцепления с ложем за счет серии мощных гидравлических ударов при дозаполнении пористого слоя водой из импактного селевого очага в тыловой части цирка. Срыв представлял собой постепенно ускорявшееся соскальзывание ледникового тела справа-налево-вниз с ротационным заваливанием ёмкости селевого очага и опорожнением около 3 млн. м<sup>3</sup> воды. В результате по поверхности набиравшего скорость ледника хлынул поток с расходом около 100 тыс. м<sup>3</sup>/с и, насыщаясь кусками льда и морены до селеподобного состояния, почти достиг левого борта через 30 с, но был отброшен вправо грандиозным скользящим ударом оторвавшейся части ледника о левую боковую морену при массе льда более 80 млн. т и скорости контакта более 3 м/с.

Разгон ледникового тела с двигавшимся по его поверхности селеподобным потоком (около 30 м/с) происходил в виде глиссирования по массе селевого потока, обогнавшего ледник. Глиссирующий механизм обеспечил быстрое возрастание скорости ледникового фронта от 3 до 35 м/с на участке километровой длины, где неровности и выпуклый продольный профиль вызывали поперечное разламывание ледника на огромные блоки. Первичное разрушение ледника при скорости 10-30 м/с сопровождалось инерционным сбросом поверхностного селеподобного потока вправо по огибающей кривой через моренный треугольник и ледник Майли. В результате сброса плоский поток, имея специфическую ламинарно-вихревую структуру и двигаясь со скоростью 40-60 м/с, взаимодействовал с ледниковым телом, которое набирало скорость и интенсивно разрушалось.

Динамическое разрушение ледника при его разгоне до 40-50 м/с происходило за счет внутренних напряжений в его теле, возникавших при выравнивании разноскоростных участков на бортах ледника и приводивших к разламыванию и дроблению крупных блоков с сохранением глиссирующего механизма их движения по поверхности селевого потока. Разрушению ледниковых блоков способствовало гравитационное заваливание ледникового тела влево при потере опоры вдоль левого борта на повороте, когда фронт ледника достиг расширенной части долины в районе языка Майли. Ледниковое тело догнало вал селевого потока высотой до 40–50 м, и сорвалось с него в виде мощного скользящего удара с расходом около 2 млн. м<sup>3</sup>/с.

Главное звено механизма формирования ледово-водо-каменного селя заключается в ударной динамической перестройке функциональной структуры глиссирующего ледникового тела при скользящем ударе после его прыжка с лобовой волны грязека-

менного потока. Ледниковое тело при высокоскоростном скользящем ударе приобрело функциональную устойчивость – способность к самовосстановлению внутренней структуры, которая представляла собой динамический объем подвижных ледяных блоков, насыщенный циркулирующей по контактам водо-грунтовой массой и окруженный вязкой грязекаменной оболочкой. Такая структура способна противостоять внешним механическим воздействиям и сохранять глиссирующий механизм высокоскоростного движения за счет гибкости тела потока.

*Список литературы*

- Десинов Л.В., Котляков В.М. Ледник Колка в 2002 году: от активизации до катастрофы. – Материалы гляциологических исследований, вып. 98, 2005, с. 146–154.
- Муравьев Я.Д. Газовое извержение в цирке – возможная причина развития подвижки ледника Колка по катастрофическому сценарию. – Материалы гляциологических исследований, вып. 98, 2005, с. 44–55.
- Познанин В.Л., Геворкян С.Г. Импактный механизм подготовки ледника Колка к селевой катастрофе: физические процессы при крупных обвалах. – Криосфера Земли, т. XI, № 2, 2007, с. 84–91.
- Рототаева О.В., Котляков В.М., Носенко Г.А., Хмелевский И.Ф., Чернов Р.А. Исторические данные о подвижках ледников на Северном Кавказе и Кармадонская катастрофа 2002 г. – Материалы гляциологических исследований, вып. 98, 2005, с. 136–145.