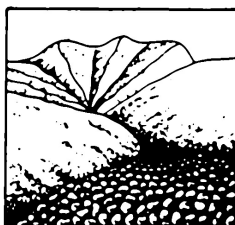


Труды Международной конференции

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

---

Пятигорск, Россия, 22-29 сентября 2008 г.



Ответственный редактор  
С.С. Черноморец

---

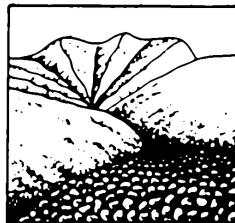
Институт «Севкавгипроводхоз»  
Пятигорск 2008

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



## **Климатические и гляциальные условия формирования селей Центрального Кавказа на стадии регрессии Малого ледникового периода**

**И.Б. Сейнова**

*Университетский центр инженерной геодинамики и мониторинга, Москва, Россия*

## **Climatic and glaciological conditions of debris flow formation in the Central Caucasus at a stage of regress of the Little Ice Age**

**I.B. Seynova**

*University Centre for Engineering Geodynamics and Monitoring, Moscow, Russia*

Рассматривается обобщённый сценарий изменений климатических и гляциоморфологических условий, определяющих генезис и механизм формирования селей в процессе деградации оледенения Центрального Кавказа с конца 18 столетия до настоящего времени. Установлено, что масштабы гляциоселевых катастроф в 20 – 21 вв. достигали уровня экстремальных максимумов за последнее тысячелетие. Обоснована тенденция возрастания селевой опасности в первой половине 21 века в связи с крайне неустойчивым состоянием перигляциальной зоны зарождения катастрофических селей на современном этапе её развития.

We consider a generalised scenario for changes of climatic, glacial and terrain conditions defining the genesis and mechanism of debris flow formation during the glacier retreat in the Central Caucasus from the end of the 18<sup>th</sup> century until the present. We establish that scales of glacial debris flow disasters in the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries reached a level of extreme maximum for the last millennium. We substantiate a hypothesis of the tendency of increase for the debris flow hazard in the first half of the 21<sup>st</sup> century due to the extremely unstable condition of the periglacial zone at the present stage.

Селевым процессам, как и многим явлениям природы, присуща цикличность, обусловленная климатическими флуктуациями. Периодические изменения климата оказывают как непосредственное, так и косвенное, через динамику оледенения, влияние на формирование селей в гляциальном поясе горных систем. Настоящая работа является результатом обобщения многолетних исследований в этой области (Панов 1993; Кононова и Мальнева, 2003, 2007; Сейнова и Золотарев, 2001; Черноморец, 2005). Здесь рассматриваются климатические и гляциальные условия образования селей в процессе деградации оледенения Центрального Кавказа.

Первые признаки регрессивной фазы Малого ледникового периода локально проявились в конце XVIII – начале XIX столетий, став известными в истории, как «Казбекские завалы» (Статковский, 1866). В морфологическом строении оледенения в этот холодный период его максимального развития преобладали крупные сложно-долинные ледники. Их языки спускались по речным долинам на 1–2 км ниже современных по длине и на 200–500 м по высоте. По периферии вулканических центров Казбека и Эльбруса ряд ледников был подпружен лавовыми плотинами, и мощность льда достигала 300 м. Процесс их таяния и разрушения был вызван вторжениями волн тепла в 1770–79 и 1830–39 гг. (Борисенков, Пасецкий, 2003). В верховьях Баксана от подпруженных ледников Эльбруса, Азау и Гарабаши сходили мощные сели, отложения которых датированы лихенометрическим методом периодом 1770–1840 гг. На Казбеке с 1776 по 1832 г. происходили неоднократные обвалы конца Девдоракского ледника (Запороженко, Черноморец, 2005).

Современный этап деградации начался после 1850-х годов в связи с устойчивым переходом климата к потеплению. С 1887 по 1957 гг. объем ледникового покрова Центрального Кавказа сократился на 52% (Панов, 1993). Экстраординарные темпы начальной стадии деградации проявились при преобладании северной меридиональной циркуляции на пониженном температурном фоне. Это связано с неоднозначным влиянием на гляциальный режим комплекса климатических и морфометрических факторов в высокогорных условиях. Для таяния низко расположенных в то время концов ледников требовалось меньшее количество тепла. В то же время поверхность ледникового покрова на больших высотах подвергалась мощному воздействию солнечной радиации при антициклонической циркуляции атмосферы, преобладавшей в первой половине XX века. Менее чем за столетие системы крупных узлов оледенения распались на многочисленные малые формы, такие как висячие, каровые ледники и каменные глетчеры. Сложно-долинные ледники в процессе отчленения их боковых ветвей трансформировались в долинные. В бассейне Баксана количество малых ледников увеличилось на 76, а крупных осталось 14 (10% от общего количества) (Поповнин, 1992).

Распад ледниковых систем сопровождался цепной реакцией образования и прорыва озер в краевой зоне оледенения (Ефремов, 2003) и катастрофическими селевыми процессами. Сведения о селях гляциального генезиса, образовавшихся при прорыве ледниковых озер, стали появляться в литературе XIX – начале XX столетий (Тепцов, 1892; Иванов, 1902; Герасимов, 1909). В 1881 г. мощный сель обрушился на аул Урусбиево в долине Баксана. В 1895, 1909, 1912 гг. прорывались озера и сходили сели от ледников Азау, Гарабаши и на севере Эльбруса. В 1902 г. при обвале ледника Колка в долине Геналдона погибли люди. В 1909, 1927 гг. после прекращения обвалов Девдоракского ледника в долине Терека продолжали формироваться гляциальные сели.

Максимум селей гляциального генезиса наблюдался на пике потепления 1930-1940-х годов при выходе южных циклонов в эпоху зональной циркуляции атмосферы. Их крупновалунные отложения сохранились во всех ледниковых долинах. По литературным данным известны селевые потоки 1934 г. по р. Тютюсу, 1936-1940 гг. в верховьях Адырсу, 1937 г. по р. Герхожансу и др. В 1940 г. впервые наблюдался механизм формирования гляциального селя, ставший преобладающим в течение последующих лет. Он был связан с дезинтеграцией конечно-моренного комплекса карового ледника Джаловчат в долине Адырсу. (Ковалев, 1961).

Коренная перестройка оледенения в основном завершилась к концу периода высшей в XX веке скорости деградации, отмеченного инструментальными наблюдениями с 1933 по 1957 гг. (Поповнин, 1992). Изменились и условия селеформирования. Долинные ледники подошли к фазе стационарного режима. Их языки сократились и массовое образование озер, бывшее причиной катастрофических селей, завершилось. Ставшие преобладающими каровые леднички остались в пригребневой полосе хребтов на высотах более 3000 м. Особенностью их режима в этих условиях были замедленные темпы отступания и накопление мощных толщ моренных отложений. При сложившейся гляциологической обстановке, совпавшей по времени с волной похолодания во второй половине XX века, темпы дегляциации снизились в 2 раза, а режим приобрел неравномерный характер. Наблюдалось периодическое колебание ледниковых фронтов и даже возрождение малых ледничков (Ильичев, Салпагаров, 2003).

Нестабильный режим оледенения способствовал активному массоэнергообмену в краевой перигляциальной зоне, тем самым непрерывно подготавливая условия для селеформирования. Спусковой механизм зарождения селей регулировался неоднозначным воздействием гидрометеорологических факторов. Сочетание этих процессов определило высокую степень селевой активности. Во второй половине XX века основными причинами образования селей стали внутренние термокарстовые и термоэрозионные процессы разрушения краевой перигляциальной зоны малых форм оледенения. Они скрыто подготавливаются в толще многолетнемерзлых моренных грунтов и погребенных льдов и реализуются в среднем 1 раз в десятилетие после 6-10-суточного вторжения в горы воздушной массы с уровнем нулевой изотермы выше 4000-5000 м. При протаивании и переувлажнении грунтовые массы приобретают тиксотропные свойства и теряют прочностные связи. Поэтому после жаркой погоды даже при ливнях ежегодной обеспеченности, порядка 30 мм, начинается лавинообразный процесс размыва и разрушения, ведущий к массовому сходу селей гляцио-ливневого генезиса.

Особенностью селевых ситуаций второй половины XX века является массовый единовременный сход селей по многочисленным притокам взаимосвязанной речной сети крупных бассейнов с водосборной площадью до 1000 кв. км. Многомиллионные объемы грязе-каменного материала, поступающие по притокам в русла главных рек, выходящих на равнины, являлись причиной формирования в их долинах катастрофических паводков и селей. Такие случаи неоднократно наблюдались в долинах крупных рек: Терека – в 1953, 1967 гг.; Ардона – в 1958, 1967, 1977, 1973, 1986, 1996 гг.; Череха – в 1953, 1975, 1983, 1999 гг.; Чегема – в 1966, 1983 гг.; Баксана – в 1953, 1967, 1977, 1983, 2000 гг. С 1953 по 2007 гг. на Центральном Кавказе зафиксировано порядка 400 сходов селей и только 10 были вызваны прорывами озёр. Из общего количества около половины приходится на 3 катастрофических события 17.08.1953 г., 6.08.1967 г. и 19.07.1983 г. Самым массовым проявлением гляцио-ливневых селей явился их единовременный сход 19 июля 1983 г. по 83 притокам бассейна р. Баксан. В долине притока Баксана р. Адырсу был разрушен альплагерь. В соседнем бассейне р. Чегем полностью была смыта дорога и все мосты к высокогорным селениям. Огромные бедствия нанесли селевые потоки 1953, 1967 гг., сошедшие по всем долинам рек Центрального Кавказа. при теплых ливнях 70-90 мм, близких к 1% обеспеченности. Масштабы селя 5–6 августа 1967 г. в долине Терека по разрушительным последствиям не уступали гляциальным катастрофам XIX века. Наблюдались также единичные случаи селей, связанных с прорывами остаточных озёр и локальным нарушением устойчивости моренных комплексов. Три года подряд, в 1960-62 гг., по р. Герхожансу сходили разрушительные сели на г. Тырнауз. Их зарождение было связано с развитием термоэрозионных врезов в конечно-моренном комплексе карового ледника Каяарты. Мощные термоэрозионные врезы, причина и следствие гляциальных селей, являются широко распространенной формой дезинтеграции перигляциальной зоны современных каровых ледников.

Случаи схода катастрофических селей в 20 столетии были зафиксированы во всех речных бассейнах с современным оледенением. В целях ранжирования их масштабов в вековом масштабе времени проводились специальные исследования реконструкции древних проявлений лихенометрическим методом датирования. В результате сравнения ареалов распространения современных с отложениями древних селей установлено, что селевые катастрофы XX века находились на уровне максимумов, имевших место в последнем тысячелетии и не превышали его. Это относится также и к экстраординарным катастрофам начала XXI века в долинах рек Баксана и Геналдона. В обоих случаях феноменальных селевых процессов, несмотря на различия масштабов и механизма их формирования, триггерным импульсом являлся обвальный. Обвалы ледника Колка 20 сентября 2002 г. и крупного монолита моренных отложений с погребенным льдом в верховьях р. Герхожансу 19 июля 2000 г. являлись следствием крайней неустойчивости моренно-ледниковых комплексов малых форм оледенения. Они были причиной самых мощных и трагических селевых потоков в последнем столетии.

Столь ускоренную дезинтеграцию перигляциальной зоны подготовили атмосферные процессы южной меридиональной циркуляции, достигшие своего максимума в 1989-1998 гг. С конца 1980-х гг. началась также интенсивная деградация концов долинных ледников и образование термокарстовых озёр. В бассейне Баксана большую угрозу представляет комплекс новых озёр в мертвых льдах у конца отступающего ледника Башкара. Вероятность их прорыва вместе с крупным подпрудным озером возрастает с каждым годом (Черноморец, 2005). На севере Эльбруса 11.08.2006 у ледников Бирджалы-Чиран и Чунгурчат-Чиран прорвалось озеро объемом 550000 м<sup>3</sup> воды. Сошедший сель разрушил термальный курорт. 8.08.2007 г. катастрофический гляциальный сель сошел на поселок Булунгу в Чегеме. Каждому случаю гляциальных селей 2000–2007 гг. предшествовал период экстремально жаркой погоды.

При господстве южной меридиональной циркуляции атмосферы в последнем десятилетии особенностью селевого режима было единичное проявление гляциальных селей 2000, 2002, 2006, 2007 гг. и локальное гляцио-ливневых в 1995, 1996, 1999 и 2007 гг. Массовых селепроявлений, характерных для периода похолодания в 1960-1980 гг., не наблюдалось с 1983 г. по причине отсутствия в гляциальной зоне селеформирующих ливней с охватом больших территорий. А с 1984 по 1994 гг., после экстремально многоснежных зим и катастрофических лавин, гляциальных селей в высокогорье не было. В тоже время в неледниковых районах Кавказа после обильного снеготая-

ния и ливней до 1% обеспеченности наводнения и сели принесли бедствия населению в 1987, 1988, 1993 и 2002 гг. Наиболее селеопасным является выход на Центральный Кавказ южных циклонов. При этом происходит резкое повышение температуры воздуха часто сопровождаемое интенсивными теплыми ливнями (Кононова и др., 2007). Значительные погодные аномалии, характерные для современного периода перестройки атмосферных процессов, сопровождаются ростом частоты и масштабов проявления разрушительных стихийных катастроф, что наблюдается повсеместно в последние годы (Осипов, 2003).

В высокогорье Центрального Кавказа следует ожидать увеличения вероятности массовых катастрофических селей гляцио-ливневого генезиса от каровых ледников, перигляциальные комплексы которых после десятилетия экстремально жаркой погоды находятся в крайне неустойчивом состоянии. Реальная вероятность массового проявления обвального механизма дезинтеграции моренно-ледниковых комплексов по типу Герхожанского 2000 г. может привести к небывалым бедствиям. Сохраняется опасность схода гляциальных селей, связанная с прорывом озер в краевой зоне ледников по периферии вулканических центров Эльбруса и Казбека. Таким образом, в начале XXI века гляциальная селевая опасность в связи с климатическим циклом потепления, возрастанием темпов деградации оледенения и несмотря на его существенное сокращение не только останется на прежнем высоком уровне, но и сможет его превзойти.

Автор выражает большую признательность Н.К. Кононовой, О.В. Тутубалиной и Г.В. Сейновой за неоценимую помощь в подготовке статьи к печати. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (№ 07-05-00172) и Science for Peace (№ 982143).

#### *Список литературы*

- Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Летопись необычных явлений природы за 2,5 тысячелетия. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2003, 536 с.
- Герасимов А.П. О прорыве ледникового озера на NO склоне Эльбруса. – Известия Геолкома, т. 28, 1909, с. 156-160.
- Ефремов Ю.В. Озерный морфолитогенез на Большом Кавказе. Краснодар: 262 с.
- Запорожченко Э.В., Черноморец С.С. История и изученность Казбекских завалов. – Вестник Кавказского горного общества, Пятигорск, № 5, 2004, с. 38-54.
- Иванов М.А. В ущелье Баксана. – Известия Кавказского отделения Императорского Русского географического общества. Тифлис. Том XV, 1902, с. 7-20.
- Ильичев Ю.Г., Салпагаров Д.С. Малые формы оледенения. Распространение, режим и динамика. Москва: НЦА Природа, 2003, 129 с.
- Ковалев П.В. О селях на северном склоне Центрального Кавказа. – Материалы Кавказской экспедиции (по программе МГГ). Харьков, изд. Харьковского ун-та, 1961, т. III, с.149-161.
- Кононова Н.К. Стихийные бедствия на Северном полушарии и в России в XX – XXI веках и их связь с макроциркуляционными процессами. – Проблемы анализа риска, т. 1, № 4, Гидрометеобезопасность, 2007, с. 49-72.
- Кононова Н.К., Мальнева И.В. Влияние изменения характера атмосферной циркуляции на активность опасных природных процессов. – Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, вып. 4, Москва, 2003, с. 52-62.
- Кононова Н.К., Мальнева И.В., Сейнова И.Б. Циркуляционные механизмы формирования катастрофических селей на стадии деградации оледенения Центрального Кавказа. – Материалы гляциологических исследований, вып. 102, 2007, с. 154-160.
- Осипов В.И. Природные катастрофы как глобальные и национальные угрозы. – Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, № 4, 2003, с. 21-33.
- Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа. С.-Пб., Гидрометеиздат, 1993, 429 с.
- Поповнин В.В. Современное оледенение в верховьях Баксана. – Природопользование Приэльбрусья. Москва: Изд-во Московского университета, 1992, с. 36-64.
- Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья. (Эволюция оледенения и селевой активности). Москва: Научный мир, 2001, 204 с.
- Статковский Б. Исследования причин происхождения периодического Казбекского завала. – Журнал министерства путей сообщения, 1966, кн. 3, с. 1-34.
- Тепцов В.А. По истокам Кубани и Терека. – Сборник материалов для описания местности и племен Кавказа. Тифлис, вып. 14, 1892, с. 59-212.
- Черноморец С.С. Селевые очаги до и после катастроф. Москва: Научный мир, 2005, 184 с.