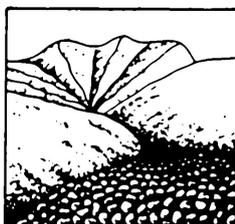


Труды Международной конференции

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

---

Пятигорск, Россия, 22-29 сентября 2008 г.



Ответственный редактор  
С.С. Черноморец

---

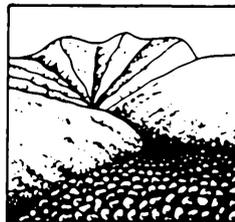
Институт «Севкавгипроводхоз»  
Пятигорск 2008

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



## Закономерности формирования селевых потоков в Крыму и Карпатах

А.Н. Олиферов

*Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь,  
Украина*

## Features of debris flow formation in Crimea and the Carpathians

A.N. Oliferov

*V.I. Vernadsky Taurida National University, Simferopol, Ukraine*

Селевые потоки наносят большой ущерб хозяйству горных стран Украины (Крым, Карпаты). Они заносят виноградники, городские улицы, повреждают шоссе и железные дороги, иногда гибнут люди. Приведены основные параметры селей Украины. Высокий селевой уровень равен 2–3,5 м, скорость 2–3 м/с, максимальный расход от 10 до 150 м<sup>3</sup>/с. Эти показатели характерны и для других горных стран мира. Гранулометрический анализ селевой массы позволил построить три вида гранулометрических кривых и вывести математическую модель механического состава наносов. Тонкодисперсная фракция селевой массы в Крыму представлена гидрослюдой и каолинитом, в Карпатах добавляется монтмориллонит. Получена логарифмическая кривая движения крупных камней в селевом потоке. Использовано соотношение между параметрами конуса выноса и селевого водосбора. Предложено использовать интегральное уравнение процесса накопления геологических слоев для определения динамики конуса выноса. Вероятность появления селей определяется с помощью кривой Пирсона III типа.

Debris flows damage the economy of mountain regions of Ukraine (Crimea, Carpathians). Vineyards, streets, railways and highways are damaged and sometimes there are human casualties. We define the basic parameters of debris flows in Ukraine. A high debris flow level is 2-3.5 metres, speeds are 2-3 m/sec, maximum discharges are 10-150 m<sup>3</sup>/sec such values are also typical for other mountainous countries. The granulometric analysis of debris flow mass allowed us to build three types of granulometric curves and to derive a mathematical model of mechanical composition of alluvial deposits. The fine dispersional fraction of debris flow mass in Crimea is represented by hydromica and cao-linite, in the Carpathian Mountains montmorillonite is also present. We have also derived a logarithmic curve of motion of large stones in a debris flow. The correlation between the parameters of a fan and a debris flow basin was used. We suggest using an integral equation of the accumulation of geological layers for determination of the dynamics of the debris flow fan. The probability of debris flow occurrence is determined by the 3<sup>rd</sup> type of Pearson's curve.

1. Селевые потоки наносят существенные убытки народному хозяйству Крыма и Карпат. В Горном Крыму селевые потоки в основном заносят виноградники. Это было впервые отмечено в 1911 г. и продолжало происходить в 1997 и 2002 г. Реже в Крыму подвергаются повреждению городские улицы. Последний раз такой случай был в Алуште в 1997 г., в Ялте в 1999 г. Что же касается Украинских Карпат, то там основным объектом, который разрушается селями, являются дороги и мосты. Еще в 1927 г. Л. Бартницким (1928) описывались последствия паводков, в том числе и селевых в Прикарпатье. Аналогичные разрушения наблюдаются и в наши дни. А.В. Мельник (1999) установил в 1998 г. случай разрушения автомобильных (10 км) и узкоколейных (15 км) дорог в бассейне р. Тересвы. Однако самыми трагичными последствиями про-

хождения селевых потоков являются человеческие жертвы. В 1911 г. в р. Ай-Сезез во время селя погибло 6 детей. В 1967 г. в русле р. Кутлак селом была перевернута грузовая автомашина, которая везла детей; в результате 23 человека погибло. В 1997 г. в с. Ворон в русле одноименной реки погиб 1 человек. В Карпатах в бассейне Белого Черемоша в 1954 г. было разрушено общежитие лесорубов. В результате погибло 3 человека и ранено 15. В 1998 г. в районе с. Русская Мокрая селом при участии оползня занесен дом, в котором погибло 4 человека. Создавшееся положение потребовало детального исследования селей и разработки мер борьбы с ними.

2. Селевые потоки в Крыму и Карпатах характеризуются следующими параметрами. Уровни селевых потоков являются одной из важных их характеристик. Селевые потоки проходят в виде одного, реже двух или трех валов. В Крыму селевые потоки в лобовой части очень часто перекашивают груды обрезков виноградной лозы, а в Карпатах – стволы деревьев, корчи, пни и щепы. Высота селевых валов, полученная путем нивелировки горизонта высоких вод (ГВВ), составляет от 2 до 3,5 м. Максимальный расход селей получен путем нивелировки ГВВ и измерения камней максимального диаметра, а также детального расчета по существующим формулам. Расходы менее 10 м/с даже в Крыму почти не отмечаются, так как селя представляет максимальный твердый сток. Количество случаев с расходами в интервалах 20-30, 30-40, 40-50 и 50-60 м<sup>3</sup>/с в обеих горных странах распределяется относительно равномерно. Расходов в интервалах 80-100 и 100-150 м<sup>3</sup>/с в Карпатах больше, чем в Крыму. Путем нивелировки ГВВ и подсчета по формулам было определено 145 случаев величины скорости селей. Из них 85 случаев приходится на интервал 2-3 м/с, 45 случаев – 3-4 м/с и только два случая селевых потоков в горных странах Украины близки к показателям для других горных стран, но относятся к их нижнему пределу (Олиферов, 2007).

3. Результаты определения гранулометрического состава селевых наносов путем грохочения, ситового анализа и впервые примененный к анализу селевых наносов метод разделения мелких частиц с помощью центрифуги Мошера представлены в виде треугольника Фере как для всего комплекса частиц, так и для мелкозема. Примерно половина отобранных проб соответствует водно-глибовым смесям и половина – водно-щебнистым. Повышенное количество мелкозема, а отсюда и наличие грязе-каменных селей, наблюдается преимущественно в Карпатах при переходе оползней в селевые потоки. Для определения транспортирующей способности селевого потока по формуле И.В. Егiazарова (1968) были построены интегральные гранулометрические кривые. Их можно разделить на три типа: I – кривые, характеризующие наносы крупных фракций с неравномерным составом мелких фракций; II – кривые, характеризующие содержание как мелких, так и крупных фракций. На них не наблюдается такого резкого перелома при переходе к крупным фракциям, как на графиках I типа; III тип отображает механический состав селевых наносов, содержащих значительное количество мелких частиц.

Математическая модель гранулометрического состава селевых отложений можно представить в виде функции плотности вероятности логнормального распределения (Крамбейн и Грейнбилл, 1969; Бухин, 1968).

4. Формирование селя зависит от возможности вовлечения крупных камней в движение. В случае остановки камней будет создана отмостка, и развитие селевого процесса будет прекращено. Массовое движение крупных глыб (диаметром более 2 м) мрамора и хлорито-серицитового сланца наблюдалась на руч. Белоив в Закарпатье. Автором проводилась массовая маркировка камней в селевых руслах Крыма и Карпат, а после прохождения селя осуществлялась их инвентаризация. В результате выявлена логарифмическая зависимость между диаметром крупных включений и длиной пути, на который они были передвинуты:

$$L = \frac{\ln \frac{d}{d_{\max}} I}{a}$$

где  $L$  – расстояние, на которое был передвинут крупный камень,  $d$  – средний диаметр камней,  $d_{\max}$  – максимальный диаметр,  $I$  – падение,  $a$  – параметр (Олиферов, 1970).

5. Структура селевого потока в сильной степени зависит от минералогического состава глинистой составляющей селевых наносов. У натриевых глин величина пластичной прочности в два раза выше, чем у кальциевых. Минералы группы монтмориллонита обладают наибольшей степенью дисперсности; они способны сильно набухать. Для выявления минералогического состава фракции 0,001 селевой массы был применен комплекс лабораторных методов, включающий оптический, термографический, рентгеновский, химический, электронно-микроскопический, инфракрасной спектроскопии. Оказалось, что основным минералом такой фракции является гидрослюда, а монтмориллонит составляет только 10% фракции и только для карпатских селей. Таким образом, в Крыму и Карпатах преобладают несвязные сели, а связные проходят в Карпатах очень редко в результате подвижек оползней, которые разжижаются и превращаются в сели. Такие сели отмечались на потоках Канусьяк (бассейн р. Ломницы), Финтераль (бассейн р. Быстрицы Надвоянской), Скотарке (бассейн р. Зеленицы), Луги (бассейн р. Белой Тисы), Буковинка (бассейн р. Опур).

6. При анализе особенностей селевых конусов выноса установлено, что только для Крыма характерны селевые конусы выноса, откладывающиеся в море и изменяющие конфигурацию береговой линии. В Карпатах наблюдаются селевые отложения притоков, которые мгновенно размываются текучей водой основной реки, не успев сформировать конус выноса. Между характеристиками селевого бассейна и параметрами конуса выноса с учетом исследований Р.Л. Хука (1968) и И.М. Райдера (1967) выявляется следующая зависимость:

$$M_k = M_b^n C$$

где  $M_k$  – параметры конуса выноса (площадь, длина, уклон);  $M_b$  – морфометрические характеристики водосбора (площадь, длина уклон);  $n$  – показатель  $< 1$ ;  $C$  – коэффициент, зависящий от геологических особенностей бассейна.

Математическую модель накопления и размыва конусов выноса можно получить, опираясь на интегральное уравнение процесса слоенакопления, полученное академиком А.Н. Колмогоровым (1949), которое используется геологами, а вероятностную модель селя – путем применения кривой Пирсона III типа.

#### Список литературы

- Бухин М.Н. К оценке гранулометрического состава наносов. – Селевые потоки и горные русловые процессы. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1968, с. 61–68.
- Егиазаров И.В. Значение гранулометрических кривых для русловых расчетов и их эмпирическое построение. – Селевые потоки и горные русловые процессы. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1968, с. 149–162.
- Колмогоров А.Н. Решение одной задачи из теории вероятности. – Доклады АН СССР, т. 65, № 6, 1949, с. 793–796.
- Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические методы в геологии. Москва: Мир, 1969, 397 с.
- Мельник А.В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження. Львів: Вид. ЛНУ, 1999, 286 с.
- Олиферов А.Н. Селевые потоки в Крыму и Карпатах. Симферополь: Доля, 2007, 176 с.
- Bartnicki L. Ziawisha meteorologiczne i powodz w Matopolsce wschodniej w dniach 30 sierpnia 1927. – Wiedomosci meteorologiczne I hydrologiczne, 1928. Syczen, s. 35–72.
- Hooke R.L.B. Steady – state relationships of arid region alluvial fans closed basins. – American Journal of Science, vol. 266, No. 3, 1968, p. 609–629.
- Ryder I.M. Some aspects of the morphometry of paraglacial alluvial fans in south-central British Columbia. – Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 8, No. 10, 1971, p. 1952–1964.
- Oliferov A.N. Transport of large rocks by mudflow. – Soviet Hydrology. New York, No.2, 1970, p. 121–123.