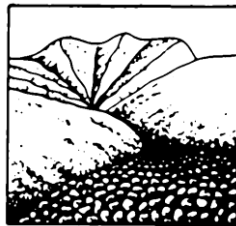


# **DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection**

---

Proceedings  
of the 5<sup>th</sup> International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018



Editors  
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

---

Publishing House "Universal"  
Tbilisi 2018

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

---

Труды  
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.



Ответственные редакторы  
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

---

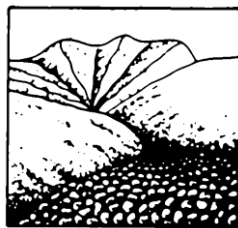
Издательство Универсал  
Тбилиси 2018

# ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

---

მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის  
მასალები

თბილისი, საქართველო, 1-5 ოქტომბერი, 2018



რედაქტორები  
ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი

---

გამომცემლობა "უნივერსალი"  
თბილისი 2018

УДК 551.311.8  
ББК 26.823

**Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита.** Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили. – Тбилиси: Универсал, 2018, 671 с.

**Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection.** Proceedings of the 5th International Conference. Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018. – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili. – Tbilisi: Publishing House “Universal”, 2018, 671 p.

**ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა.** მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018. გამომცემლობა "უნივერსალი", თბილისი 2018, 671 გვ. პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი.

Ответственные редакторы С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили  
Edited by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Верстка: С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева, Е.А. Савернюк  
Page-proofs: S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva, E.A. Savernyuk

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 978-9941-26-283-8

© Селевая ассоциация  
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association  
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია  
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა  
მეურნეობის ინსტიტუტი



## Природные индикаторы распространения и активности проявления селей

**А.М. Лехатинов**

*МО «Тункинский район», Кырен, Бурятия, Россия, leham29@mail.ru*

История проявления селей на слабо- и неизученных горно-лесных территориях восстанавливается с помощью использования фитоиндикационной методики с разработкой и усовершенствованием дендрохронологического метода.

*селевые процессы, временной ряд, деревья, прогноз*

## Natural distribution and activity indicators manifestations of mudflow

**Lekhatinov A.M.**

*MO "Tunkinsky district", Kyren, Buryatia, Russia, leham29@mail.ru*

History of manifestations of mudflows on the weak and unexplored mountain-forest territories restored by using phytoindication technique development and improvement of dendrochronological method.

*mudflow processes, time series, trees, forecast*

В условиях горной тайги Сибири и Дальнего Востока оценка селеопасности проводится на основе фактических и косвенных данных. Косвенные сведения - опрос населения и изучение следов (признаков) селевой деятельности, позволяют выявить степень селеопасности водотоков и места схода склоновых селей. Слабоизученная или неизученная территория, из-за не населенности и хозяйственной не освоенности, сильно затрудняет сбор информации о параметрах селей. Впервые в селеведении России (СССР) в середине XX века была начата разработка фитоиндикационной методики изучения селевого процесса по состоянию древесной растительности бассейна В.И. Турманиной, А.М. Лехатиновым, В.Ф. Перовым. Она широко использовалась в горно-таёжных областях, в том числе в зоне БАМ. Эффективность методики существенно повысится по мере её доработки применительно к условиям Кавказа, Карпат и других регионов, где преобладают лиственные леса. Основными признаками схода селей, отличающихся от лавинных, обвальных, оползневых, эрозионных и наледных являются: грязевая обмазка стволов деревьев на высоту селевого вала (2 - 4 и более м), травма коры, камбия, луба с «вбитыми» обломками пород (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Прибайкалье, хр. Баргузинский: а - деформированное селями дерево с верхней границей грязевой обмазки; б – деревья, приваленные и поврежденные селевыми отложениями. Фото А.М. Лехатинова.

Водокаменные с крупными и средними валунами и глыбами наносят наиболее выраженные повреждения на стволах деревьев, а грязекаменные – замазывают и заваливают их остатки выносами и т.д. Лавины, в отличие от селей, образуя мусор, ломают деревья и сучья, срывают кору неравномерно без грязевой обмазки. Наледи влияют на радиальный прирост, «оставляют минеральные отложения (побелки)» на деревьях и кустарниках. Склоновая эрозия обнажает корневую шейку – и корни. Переход корневой древесины в стволую указывает на первый год воздействия эрозии (обнажения корня).

Наиболее точным методом изучения повторяемости (периодичности) схода мощных селей служит дендрохронологический, который позволяет восстанавливать временные ряды схода селей продолжительностью 500 и более лет. И составлять временной прогноз их активизации с учетом климатических и сейсмических факторов селеформирования [Лехатинов, 1967, 1976, 1988] и т.д.

На анализ отбираются образцы спилов деревьев, растущих в различных местах конуса выноса. Перед спиливанием визуально определяются деревья, наиболее сильно подверженные воздействию селей. Обычно сель часто меняет своё русло. Он, захватывая новые участки, с одной стороны, оставляет нетронутыми участки с ранее подверженными деревьями и кустарниками. Спиливаются деревья на конусе выноса по условному поперечному профилю, проходящему по наиболее характерной части его поверхности. Так как мощные сели на изгибах русел, в голове осередков, мелких островков и в зоне активной аккумуляции не всегда могут воздействовать на одни и те же деревья, оставляя последовательные следы воздействия: вмятины, царапины, сбитости и прочие повреждения.

В межселевое время селевые повреждения на деревьях частично или полностью залечиваются. На месте деформаций образуются раневые завитки из последующих годовичных колец или плотные линзообразные утолщения, а зачастую межкольцевые открытия поверхности. При периодических повреждениях стволов селем на них образуются завитковые уступы или последовательные «линзы» между кольцами. Начало каждого уступа или «линзы» соответствует году схода селя, также как переход нормальных годовичных колец к кривым – асимметричным указывает время начала выпрямления приваленного дерева селевыми отложениями. Смена нормальных годовичных колец, измененных в виде эллипса, указывает на начало формирования кривой древесины, что соответствует году выпрямления придавленного селем дерева (рис. 2).

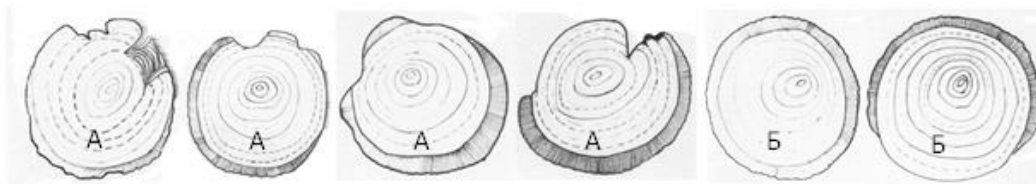


Рис. 2. Виды селевой деформации годовичных колец деревьев: А – травматическая, Б – креневая.

Для отбора образца спиливается наиболее поврежденное дерево и с него последовательно через каждые 10-15 см отбираются спилов, пригодные для анализа с документацией окружающей местности. Наиболее представительные (с максимальным числом повреждений) отбираются на лабораторный анализ. Для повышения достоверности берут 1-3 дублирующих образца с каждого дерева до высоты 1,5 – 2,0 м от поверхности. На спилах отмечается селевой участок, место, дата и высота отбора образца, а также высота расположения дерева над селевым руслом, азимуты направления потока и расположения повреждений, номер образца, порода дерева. Результаты полевого анализа спилов записывается в спецжурнал.

Абсолютный возраст устанавливается подсчетом колец от сердцевины спила в сторону неповрежденной коры. Время повреждения колец устанавливается из разности абсолютного возраста и возраста деформаций. Каждая последующая разность между ними – есть межселевой временной интервал, т.е. частота схода селей. Установив год произрастания дерева, последовательно устанавливаются года его повреждения селем. По раскладу годов повреждения строятся временные ряды. Корреляция полученных дат схода селей с режимом осадков того же времени по ближайшим метеостанциям, позволяет получить количественный показатель селеформирующих осадков.

Результаты изучения селей этим способом позволили восстановить пропуски в наблюдениях, продлить ряд схода селей Крыма и реконструировать временные ряды селевой деятельности на Западном Кавказе (р. Кодори, Бзыбь) и дать предварительный долгосрочный прогноз по отдельным селеактивным бассейнам.

В юго-восточном районе Горного Крыма активность (частота) селепроявления изучена слабо. Наиболее мощные сели (объем массы до 100 000 м<sup>3</sup>) регистрировались только в тех случаях, когда они наносили материальный ущерб. Однако селевые потоки на территории, где господствует субаридная денудация флишевых пород, формируются гораздо чаще. О чем свидетельствуют деформации на спилах, отобранных А.М. Лехатиновым и А.А. Клюкиным на отложениях водотоков восточнее Алушты. Анализ образцов спилов, взятых в разных местах бассейна реки Ускут (Ставлухар, Черный овраг и др.) дали возможность восстановить пропуски в наблюдениях за селями и расположить года последовательного схода селей по этим двум распадкам.

По черному оврагу с 1928 г. (максимальный возраст спила) по 1971 г. прошло 17 селей. Ранжированием годов временного ряда были получены межселевые интервалы, которые меньше интервалов схода селей более крупных водотоков, как, например, р. Ускут, Ворон и т.д. Черный овраг имеет малый водосбор с оголенными и крутыми – 25-300 бортами, где процесс селеформирования происходит при кратковременных, но интенсивных ливнях. В результате возникают локальные сели, которые затухают при выходе в русло Ставлухара.

Формирование селей на водотоках типа Ставлухар было прослежено по спилам, отобранным в Школьном овраге. По размеру Школьный овраг больше Черного оврага и может быть приравнен к Ставлухару. По оврагу с 1933 г. (возраст спила) по 1971 г. прошло 10 селей, которые оставили следы деформаций. Средний интервал в селеформировании достигает 2-3 года, минимальный – 1-2 года, максимальный 6-7 лет. Простое сопоставление дат схода селей двух оврагов показывает их сходимость в 9 случаях. В полученном ряду преобладает межселевой интервал в 3 и 4 года (44,5%), и меньше повторяется интервал в 6-7 лет (22%).



Анализ максимальных суточных и месячных осадков показывает, что формирование селей на крупных водотоках юго-восточного Крыма происходит при дождях, идущих несколько дней подряд и довольно часто во время проливных ливней. Максимум суточных ливневых осадков редко превышают 40-45 мм, суммарно составляя месячную норму – 100-160 мм. Как правило, эта сумма осадков выпадает за 3-5 дождливых дней. Локальные же сели, подобные селям Черного оврага чаще формируются при кратковременных, но очень интенсивных ливнях, превышающих 40 мм/сутки с интенсивностью более 2-3 мм/мин.

Вышеизложенные результаты позволили установить, что в районе юго-восточного Крыма сели повторяются: малой мощности – ежегодно или через год, средней мощности до 100 тыс. м<sup>3</sup> [Олиферов, 1963] через 3-4 года, мощные (способные наносить значительные деформации деревьям) – через 6-7 лет. Соблюдая межселевой временной интервал, были реконструированы прогнозные ряды схода селей значительной мощности. Например, соблюдая 2-3 летний межселевой интервал, продлен временной ряд проявления селей средней мощности на территории юго-восточного Крыма.

Предварительный временной ряд схода мощных селей установлен и для бассейна р. Кодори (Кавказ) по притокам Начвал, Малая Варла, Лата, где были проведены исследования всеми тремя способами дендрометода. По возрасту порослевых насаждений восстановлен возраст последних селей, а по изменению возрастной генерации лесных насаждений была произведена общая реконструкция наиболее длинного временного ряда активности селей максимальной мощности. Анализ приуроченности сбитостей к годичным кольцам позволил уточнить возможные ошибки допущенные выделением ареалов одновозрастных лесных насаждений.

Корреляция полученных дат схода селей с атмосферными осадками тех же лет, по данным ближайших метеостанций: Квезани, Лата, Сухуми дала возможность получить прямую зависимость селеформирования от количества суточных осадков. Так, повторяемость селей максимальной мощности в бассейне р. Начвал изменяется от 2 до 4 лет. Сели формируются при выпадении ливневых осадков от 106 мм (1951) до 244 мм (август, 1949) в сутки при интенсивности выше 3-4 мм/мин. прохождение катастрофического селя 1949 г. подтверждается очевидцами с Сакени. С 1924 г. (максимальный возраст отобранного спила ольхи) по р. Начвал прошло 16 селей катастрофической силы, а по р. М. Варла – 8. По полученной частоте схода селей и по количеству селеформирующих осадков построен с известной долей условности прогнозный ряд схода селей максимальной мощности по р. Начвал. Мощный сель 1972 г., прошедший после отбора образцов деревьев, подтвердил ожидаемую дату на основе анализа прогнозного ряда [Лехатинов, 1976].

Дендрохронологический метод в комплексе с инженерно-геологическими методами даёт возможность прогнозировать развитие селей во времени и в пространстве. Он, особенно, дает хороший результат при изучении закономерностей распространения и развития селей горно-таежных областей.

Выбираются по аэрофотоснимкам и аэровизуально эталонные селевые бассейны с целью выделения ареалов с разными по возрасту древесных образований, занимающих различные участки на селевом поле. Одновозрастные ареалы деревьев на фотоснимках дешифрируются по изменению световой тональности изображения. Более молодые лесные насаждения, имеющие светлозеленую листву, передают более светлые тона, старые темнозеленые насаждения – темные тона и т.д.

На свежих селевых отложениях вторичный лес (ольха, тополь, осина, береза и др.) появляется в тот же год или через год после селя. Возраст отложений можно датировать и по максимальному возрасту отдельного дерева ареала. Под ареалом-индикатором нами понимается заросли, в которых преобладают одновозрастные породы древесной растительности на «островке» селевых отложений в области аккумуляции.

Разность в возрасте наиболее крупных деревьев из-за неточности отбора может колебаться от 2-3 лет – для молодого, и до 5-10 лет – для спелого леса. Поэтому возраст селевых отложений устанавливается по максимальному возрасту анализируемых деревьев.





В качестве обязательного элемента наземных обследований входит уточнение ареалов распространения одновозрастных видов деревьев и кустарников. Производится корректировка схем, карт предварительного дешифрирования на месте. По наиболее сложным и интересным участкам селевого конуса составляется абрис с нанесением возраста растительности. Визуально определяется характер залегания пород в селевых грядах каждого возрастного ареала, их состав, степень выветрелости, задернованности и т.д. Отбираются пробы грунтов на определение физико-механических свойств и петрографо-минералогического состава с целью установления активности участия селевых очагов в формировании селей в разное время, что может быть достигнуто в результате корреляции состава селевых отложений с породами очагов.

Нами был получен удовлетворительный результат при исследовании селей Кавказа (р. Начвал, Красная речка – притоки р. Кодори, Грязная речка – приток р. Баул и т.д.). Так была составлена возрастная карта селевых отложений конуса выноса за последние 150 и более лет. Было выделено 12 наиболее представительных участков селевых отложений разного возраста, соответствующего возрасту лесных и порослевых ареалов насаждений. Более детальное дешифрирование возраста селевых отложений участков было произведено вторым и третьим способами. Для датирования прохождения селей за последние 15-20 лет изучается пнёвая и корневая поросли, которые появляются в год прохождения селей и редко через год. Поросли позволяют получить информацию с точностью до 1 года. Можно уточнять предварительные временные ряды, полученные другими методами или наблюдениями. Так В.Ф. Перов в Хибинах по порослевым насаждениям нескольких генераций установил возраст селей 7 бассейнов с 1920 г. по 1964 г. [Перов и др., 1968]. Нами метод был использован при изучении селевых бассейнов хр. Баргузинский (Прибайкалье) и получен удовлетворительный результат – межселевой интервал в 15-20 лет. Возрастной анализ поросли позволяет выявить пути миграции селевого русла и построить короткий временной ряд схода селей. Межселевой интервал, получаемый анализом временного ряда, позволяет выявить связь селепроявления с климатической цикличностью и солнечной активностью.

Прогрессивная фитоиндикационная методика изучения селевых процессов, особенно для выявления пространственных и временных закономерностей их развития на слабо – или неизученных территориях, должна совершенствоваться для составления надежных прогнозов активизации схода селей.

### Список литературы

- Лехатинов А.М. (1967). Дендрологический метод установления времени и периодичности прохождения селевых потоков. Вестник МГУ. Серия география. 2: 140-142.
- Лехатинов А.М., Шеко А.И. и др. (1976). Современные геологические процессы на Черноморском побережье СССР. М., Недра, 184 с.
- Лехатинов А.М., Шеко А.И. и др. (1988). Геология зоны БАМ. Т.2. Ленинград, Недра, 448 с.
- Олиферов А.Н. (1963). Борьба с эрозией и селевыми паводками в Крыму. Симферополь. Крымиздат, 92 с.
- Перов В.Ф., Турманина В.И., Акифьева К.В. (1968). Индикация частоты схода лавин и селей методом дендрохронологии. Материалы Всесоюзного совещания научной конференции по вопросам дендрохронологии и дендроклиматологии (7–8 июня 1968 г.), Вильнюс, 49–51.