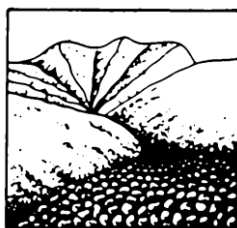


DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 5th International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018



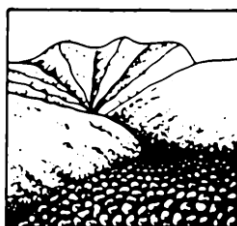
Editors
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Publishing House “Universal”
Tbilisi 2018

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.



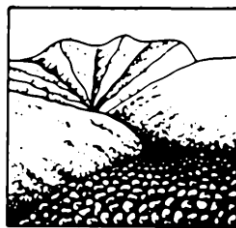
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

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



Рекомендации по мониторингу селевых процессов на автомобильных дорогах, на примере участка дороги от Сулимовского ручья до пограничного поста (с. Эсто-Садок)

С.И. Маций, Л.А. Сухляева, В.А. Лесной

*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия,
l8800019@yandex.ru*

В статье приведены рекомендации по мониторингу селевых процессов, воздействующих на автомобильные дороги. Мероприятия позволят: своевременно предупредить о возникновении селевого потока и принять меры по обеспечению безопасности; собрать данные о процессах селеобразования; произвести оценку состояния противоселевых конструкций и, в случае необходимости, выполнить их ремонт. Предложенная методика по мониторингу включает визуальные, геофизические, гидрогеологические и гидрологические наблюдения. Ввиду частого схода селей, а также наличия различных мероприятий инженерной защиты (селепропускные, селезадерживающие и противооползневые конструкции), в качестве примера, рассмотрен мониторинг участка автомобильной дороги от Сулимовского ручья до пограничного поста.

мониторинг; селевые потоки; защита дорог от селевых потоков

Mudflow-processes monitoring recommendations on motorways, by the example of the road section from the Sulimovsky stream to the border point (Esto-Sadok village)

S.I. Matsiy, L.A. Sukhlyeva, V.A. Lesnoy

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia, l8800019@yandex.ru

The article contains recommendations for monitoring mudflows impact on motorways. The measures will timely warn people about a mudflow and allow them to take measures to ensure safety; collect data on the mudflow processes; to assess the anti-mudflow structures state and, if necessary, repair them. The suggested monitoring methodology includes visual, geophysical, hydrogeological and hydrological observations. Due to frequent mudflow descents, as well as the presence of various examples of engineering protection (anti-mudflow and anti-landslide structures), the monitoring of the road section from the Sulimovsky stream to the border post was considered as the example.

monitoring; debris flows; mudflows protection of roads

Введение

Строительство и эксплуатация автомобильных дорог в горных районах сопряжена с риском воздействия опасных инженерно-геологических процессов и одним из которых является сель. Для защиты объектов проводят различные агролесомелиоративные мероприятия, строят противоселевые сооружения. Однако, этого не всегда бывает достаточно. Например, на Черноморском побережье России, происходит увеличение селевой активности, несмотря на принятые меры [Волосухин, 2014; Ефремов, 2014;

Казаков, 2014; Запорожченко, 2014, Между Адлером..., 2015; В Новороссийске..., 2016; В Сочи..., 2017; В горах..., 2017].

Отмечается превышение расчетных параметров селевых потоков, что приводит к удорожанию работ по содержанию противоселевых сооружений и сокращению сроков межремонтного периода.

Мониторинг процессов селеобразования и защитных конструкций позволит своевременно выявить необходимость проведения очистных и ремонтных работ. Целью мониторинга является обеспечение безопасной эксплуатации дорог, путем: своевременного выявления отклонений возводимых и существующих конструкций; определения величин деформаций, их направления и скорости; оповещения населения об опасности и перекрытия доступа к участку возможного схода селя.

Результаты обследования

В зависимости от класса и назначения, обследуемая автомобильная дорога условно разделена на два участка. Один участок дороги, от Сулимовского ручья до станции канатной дороги «3S» (рис. 1) имеет протяженность 900 м и представляет собой двухполосную автомобильную дорогу. Трасса расположена вдоль р. Мзымта на высоте около 600 м над уровнем моря и является единственным подъездным путем к станции канатной дороги «3S» горнолыжного курорта «Роза Хутор».

Согласно данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, а также материалам инженерных изысканий, Сулимовский ручей является селеопасным.



Рис. 1. Схема расположения участка автомобильной дороги от Сулимовского ручья до пограничного поста. Космический снимок: [Google].

На этом участке, для защиты автомобильной дороги от воздействия селевых процессов предусмотрены различные мероприятия инженерной защиты. В нижнем течении Сулимовского ручья выполнено устройство селезадерживающих гибких барьеров (рис. 2).



Рис. 2. Селезадерживающий гибкий барьер.

Напротив культурно-этнографического центра «Моя Россия» построено селепропускное сооружение, обеспечивающее сброс селевых потоков в р. Мзымта (рис. 3). Для предотвращения размыва бортов русла, на подходе к мостовому сооружению предусмотрены устои диванного типа из габионов, которые можно отнести к берегозащитным сооружениям. Также данный участок автомобильной дороги включает верховые подпорные стены, выполненные для обеспечения устойчивости склонов, подрезанных при строительстве дороги.



Рис. 3. Селепропускное сооружение.

Ввиду часто возникновения опасных экзогенных процессов, а также большого количества сооружений инженерной защиты, на данном участке рекомендуется проведение геотехнического мониторинга. Можно выделить следующие объекты мониторинга: селеопасный ручей Сулимовский и сооружения инженерной защиты. Расположение рекомендуемых контрольных створов и станций мониторинга показано на рис. 4.



Рис. 4. Расположение контрольных створов и станций мониторинга. Космический снимок: [Google].

Мероприятия по мониторингу селеопасного ручья включают визуальные, геофизические, гидрогеологические и гидрологические наблюдения.

При визуальном наблюдении оценивается общее состояние поверхности, динамика развития эрозионных процессов, характеристика накопленного селеформирующего материала (объем, состав, ширина и высота отложений).

Геофизические наблюдения включают определение уровня и количества водоносных горизонтов методами электропрофилирования (ЭП) и вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

В рамках гидрологических наблюдений осуществляется контроль количества выпавших климатических осадков [Chou, 2014]. При выпадении определенного количества осадков в короткий промежуток времени, рекомендуется автоматически уведомлять автомобилистов, пешеходов и спецслужбы о возможности селеобразования. Определение количества осадков, активизирующих селевые процессы, выполняется по статистическим данным для конкретного района.

Для непрерывного наблюдения предполагается организация автономных метеорологических станций. Их количество зависит от длины селевого русла. Исходя из протяженности 4000 м для р. Сулимовского, рекомендуется устройство не менее четырех станций мониторинга.

Каждая станция включает не менее двух датчиков уровня воды (радары), расположенных по границам селевого русла, и одного геофона (сейсмометра), устраиваемого на не затапливаемом участке. Радары необходимы для контроля уровня селевого потока в русле, сейсмометры – для фиксации скорости приближения селевого потока к защищаемому объекту. Также для визуальной фиксации перемещения селевого потока и оценки работы сооружений инженерной защиты (в данном случае мостовое сооружение и гибкий барьер) рекомендуется предусматривать монтаж цифровых видеокамер.

Радары можно монтировать как на специально подготовленных опорно-консольных конструкциях, так и на существующих сооружениях. В данном случае радары рекомендуется устанавливать на мостовом сооружении и гибком барьере. Сейсмометры, учитывая относительно небольшую глубину селевого русла, допускается располагать на поверхности.

Для контроля количества и распространения грунтовых вод, рекомендуется



разбить контрольные створы из скважинных пьезометров и индикаторов уровня грунтовых вод (ИУГВ). ИУГВ рекомендуется располагать по границам селевого бассейна. На обследуемом участке, учитывая размеры селевого бассейна, рекомендуется заложить контрольный створ, состоящий из трех скважин пьезометрических наблюдений и двух скважин с ИУГВ.

В рамках геотехнического мониторинга гибких барьеров выполняются визуальные, ультразвуковые, геофизические, геодезические и тензометрические наблюдения.

Визуальные наблюдения заключаются в осмотре железобетонного фундамента (выявление трещин, просадок), металлических улавливающих сеток, продольных тросов, тормозных устройств на наличие деформаций (удлинение, усталостные трещины).

Для определения внутренних деформаций, выполняются ультразвуковые и магнитные наблюдения. При определении механических свойств металлических конструкций, рекомендуется применять портативные переносные приборы, такие как Польди-Хютта, Баумана и др.

Оценка фактического состояния грунтов основания проводится методами электропрофилирования (ЭП) и вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

Геодезические наблюдения выполняются для опорных элементов гибких барьеров с применением деформационных марок и струнных деформометров. Деформационные марки закрепляют в верхней части каждой опоры. Для контроля смещения опор фундамента относительно друг друга дополнительно рекомендуется устройство струнного деформометра.

Для тензометрических наблюдений рекомендуется применение струнных растяжек и датчиков тормозных устройств. Учитывая высоту опор фундамента (около 200 см) струнные растяжки рекомендуется закладывать с шагом 0,5 м по высоте сооружения. Датчики тормозных устройств следует располагать в верхней части сооружения в количестве не менее четырех.

Для контроля технического состояния селепропуска рекомендуется выполнение визуальных, ультразвуковых и геофизических наблюдений.

При визуальном наблюдении оценивается состояние железобетонных плит основания и габионных конструкций, расположенных по бортам. При помощи ультразвука проверяют состояние защитного слоя конструкции на участках подверженных воздействию селевого потока. Фиксируют места оголения и коррозии арматуры; наличие сколов, трещин, разрывов проволоки обвязки габионов; других деформаций способных привести к снижению работоспособности.

Для габионных конструкций также выполняются геодезические наблюдения верхней части сооружения с применением деформационных марок. Деформационные марки следует располагать на участках, подверженных наибольшему воздействию.

Геодезические наблюдения железобетонных берегозащитных сооружений (подпорных стен), рекомендуется выполнять, как для противооползневых подпорных сооружений.

Другой участок дороги, от канатной станции «3S» до пограничного поста, является технологическим и выполнен для подъезда к посту и электрической подстанции. Дорога на этом участке также подвержена воздействию селевых потоков, но техногенного генезиса. Возникновение селей связано с увлажнением отвалов грунта, образовавшихся при строительстве автомобильной дороги от ГК «Альпика-Сервис» до финишной зоны ГК «Роза Хутор» (рис. 4).

На участке обследования обнаружены шесть селевых ложбин, активизация которых наблюдается при выпадении определенного количества осадков (рис. 5-7).

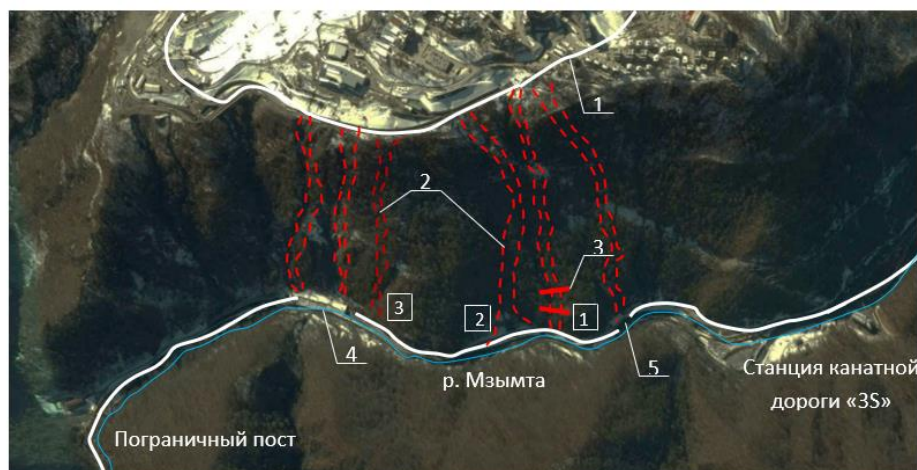


Рис. 5. Схема расположения автомобильной дороги от Сулимовского ручья до пограничного поста [Google]. 1 – автомобильная дорога от ГК «Альпика-Сервис» до финишной зоны ГК «Роза-Хутор»; 2 – селевые ложбины (русла); 3 – гибкий улавливающий барьер; 4 – арочная галерея; 5 – рамная галерея

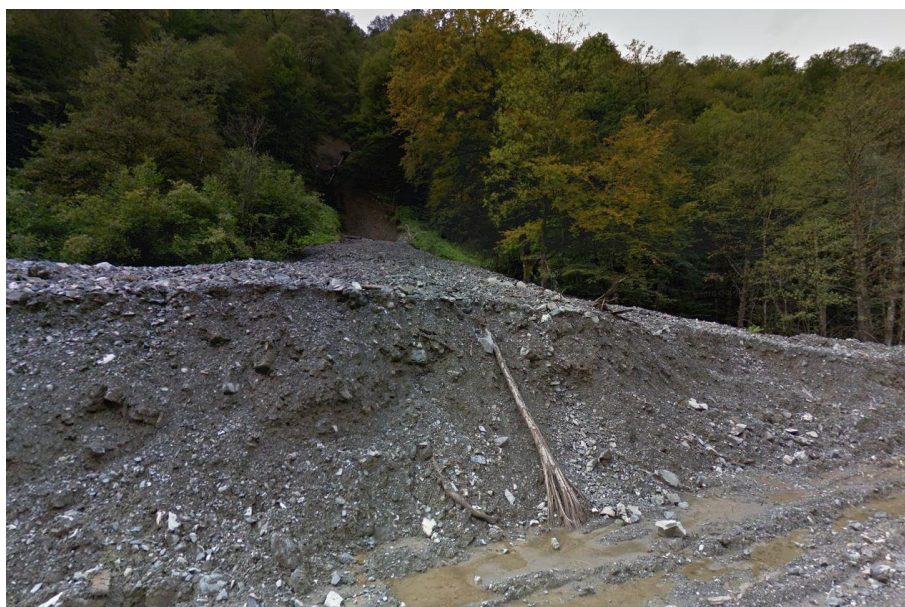


Рис. 6. Конус выноса селевого потока (участок № 2).



Рис. 7. Конус выноса селевого потока (участок № 3).

Для защиты автомобильной дороги устроены различные противоселевые сооружения. По верховому склону, вдоль дороги, проведены мероприятия, включающие удерживающие нагельные поля с противозрозионной кольчужной сеткой. В основании откосов практически на протяжении всего участка выполнены железобетонные подпорные стенки на свайном основании. Данные сооружения помимо основной выполняют функцию улавливания осыпающего материала. Выполнено устройство селепропускных рамных и арочных галерей (рис. 8, 9), а также гибких селезадерживающих барьеров.



Рис. 8. Селепропускная рамная галерея.



Рис. 9. Селепропускная арочная галерея.

На данном участке необходимо учитывать, что основным селеформирующим материалом являются насыпные грунты, поэтому выполнение геофизических и гидрологических наблюдений не целесообразно.

Рекомендуется устройство системы мониторинга влажности грунтов, удалённого визуального наблюдения (цифровые видеокамеры) с автоматизированной системой регистрации, сбора, хранения и передачи данных. Фиксацию и передачу данных о сходе селей непосредственно на дорогу рекомендуется выполнять при помощи датчиков наклона, установленных на расстоянии 2–2,5 метров от кромки проезжей части (Ковалева, 2014). Для оповещения и остановки движения транспортных средств предусмотреть устройство громкоговорителей и светофоров со шлагбаумами.

Целью визуальных наблюдений, в основном, является определение области



расположения селеобразующих материалов для устройства систем мониторинга влажности грунтов и точек установки цифровых видеокамер.

Геодезические наблюдения конструкций рамной и арочной галереи следует выполнять традиционными методами с применением деформационных марок. Деформационные марки следует располагать в местах возникновения коррозии, прогибов, трещин. Прогиб конструкций измеряется при помощи ленточных экстензометров. Тензометрические наблюдения выполняются с применением наружных датчиков деформации при обнаружении трещин усталостного характера.

Мониторинг гибких противоселевых барьеров выполняется так же, как и на первом участке.

Заключение

В рамках геотехнического мониторинга сооружений инженерной защиты на автомобильных дорогах, в зависимости от условия формирования селей и типов сооружений, рекомендуется выполнять визуальные, геофизические, геодезические и тензометрические наблюдения.

При визуальном наблюдении оценивается общее состояние поверхности, характеристика накопленного селеформирующего материала (объем, состав, ширина и высота отложений, динамика развития эрозионных процессов).

Геофизические наблюдения заключаются в определении уровней и количестве водоносных горизонтов методами электропрофилирования (ЭП) и вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

В рамках гидрологических наблюдений осуществляется контроль количества выпавших климатических осадков.

Геотехнический мониторинг предполагает организацию автономных метеорологических станций. Их количество зависит от протяженности селевого русла. Каждая станция мониторинга включает не менее двух датчиков уровня воды, расположенных по границам селевого русла, и одного геофона, устраиваемого на его устойчивой части.

Для фиксации приближения селевого потока в местах расположения сооружений инженерной защиты рекомендуется предусматривать монтаж цифровых видеокамер.

Фиксацию и передачу данных о сходе селей непосредственно на дорогу рекомендуется выполнять при помощи датчиков наклона, установленных на расстоянии 2 – 2,5 метров от кромки проезжей части.

Предложенные мероприятия позволяют своевременно предупредить о возникновении селевого потока и принять меры для обеспечения безопасности, собрать данные о процессах селеобразования, а также выполнить оценку состояния противоселевых конструкций.

Список литературы

- Волосухин В.А., Титоренко А.И. (2014). Селевые процессы в бассейне реки Мзымта (Западный Кавказ). Геориск, 4: 38-43.
- Волосухин В.А., Ткаченко Ю.Ю. (2014). Организация гидрологического мониторинга с целью информационного обеспечения региональной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций и защиты населенных пунктов (на примере Краснодарского края). Наука и безопасность, 2: 65-67.
- Ефремов Ю.В. (2014). Анализ эффективности мероприятий по защите инфраструктуры от селевых потоков. Геориск, 3: 12-15.
- Запороженко Э.В. (2014). Северный Кавказ: селевые вызовы 21 века. Геориск, 3: 42-47.
- Казаков Н.А. (2014). Техногенные сели в Красной поляне. Материалы 3 Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», Южно-Сахалинск, с. 202-205.
- Ковалёва Я.В., Кудрявцев С.А., 2014. Система мониторинга предупреждения схода селевых потоков на объекты инфраструктуры железных дорог России. Материалы 3 Международной



- конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», Южно-Сахалинск, 182-184.
- Chou H.T., Lee C.F., Huang C.H., Yang S.L. (2014). The monitoring and flow dynamics of gravelly debris flows. Proceedings of 3 International Conference on Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection, 65-68.
- Картографические данные Google (2018).
<https://www.google.ru/maps/@44.7156574,37.864113,959m/data=!3m1!1e3>
- Между Адлером и Красной Поляной в Сочи на трассу сошли сели (2015)
<http://kuban24.tv/item/mejdu-adlerom-i-krasnoy-polyanoy-v-sochi-na-trassu-soshli-seli-124047>
(дата обращения: 29.08.2018).
- В Новороссийске сел сошел на дорогу в Абрау-Дюрсо (2016). <http://kuban24.tv/item/v-povorossiyske-sel-soshel-na-dorogu-v-abrau-dyurso-140715> (дата обращения: 29.08.2018).
- В Сочи сошел второй за неделю сел (2017). <http://www.vkpress.ru/glavnoe/v-sochi-soshel-sel/?id=76719> (дата обращения: 29.08.2018).
- В горах Сочи спасатели эвакуируют заблокированных сошедшим селом туристов (2017). <http://old.kubantv.ru/proisshествija/v-gorax-sochi-spasateli-evakuiuyut-zablokirovannykh-soshedshim-selem-turistov/> (дата обращения: 29.08.2017).