

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.



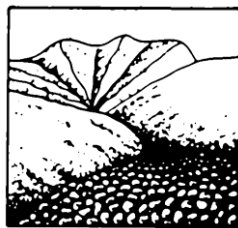
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

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: Geografgiz, 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



Традиции селеведения в институте гидрометеорологии Грузинского технического университета: оценки и перспективы

Г.И. Херхеулидзе

*Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета, Тбилиси,
Грузия, georgex@rambler.ru*

В статье содержится информация об основных направлениях и результатах научной и практической деятельности Института гидрометеорологии Грузинского технического университета в области селеведения за 75-летний период от его основания в 1953 году. Даются оценка результатов и выводы о возможностях их улучшения.

селевые потоки, традиции, мониторинг, параметры, прогноз, защита, оценка

Traditions of mudflow studies in the institute of hydrometeorology of georgian technical university: evaluations, prospects

G.I. Kherkheulidze

*Hydrometeorological Institute of Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia,
georgex@rambler.ru*

The article contains information on the main directions and results of the scientific and practical activities of the Institute of Hydrometeorology of the Georgian Technical University in the field of debris flow science for a 75-year period from its foundation in 1953. The evaluation of the results and conclusions on the possibilities for their improvement are given.

mudflows, traditions, monitoring, parameters, forecast, protection, assessment

Введение

Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета (ИГ ГТУ или Гидрометинститут ГТУ) основан в 1953 году на базе Тбилисской геофизической обсерватории. При основании он – «Тбилисский ...», с 1963 года - Закавказский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ЗакНИГМИ), с 1992 года - Институт гидрометеорологии АН Грузии, ныне Гидрометинститут ГТУ. Сформировавшиеся традиции научных и научно-прикладных разработок института вносили и вносят определённый вклад в решение сложнейших общих и частных задач селеведения. В ёмком обзоре [Черноморец, 2006] отмечено участие института и его специалистов в формировании «советской школы» селеведения в «золотые десятилетия» (с 1950-го по 1990 год). Цель статьи - на основе краткого аналитического обзора 75-летней деятельности института в области селеведения (и смежных областях) осветить полученные результаты и сделать выводы о способах и возможностях их улучшения.



Накопление и систематизация информации

Важный этап работы по сбору и систематизации информации о селевых водотоках и селевых явлениях на Кавказе был завершён 1969 году изданием “Каталога селеопасных рек Северного Кавказа и Закавказья” [*Каталог, 1969*], разработанного в соответствии с методическими рекомендациями КазНИГМИ и включающего каталоги: Северного Кавказа без Дагестана, Грузинской ССР, (Азербайджанской ССР и Дагестанской АССР, Армянской ССР, подготовленные под руководством специалистов соответствующих Управлений Гидрометеорологической Службы (УГМС). Каждый из перечисленных каталогов содержит: краткую характеристику географического положения рассматриваемой территории; обзорные картосхемы гидрографии с выделением пронумерованных по списку селевых водотоков; таблицы с перечнем селевых водотоков, их гидрографическими характеристиками, с перечнем всех зафиксированных случаев и дат прохождения селей; с данными об основных элементах обследованных селевых потоков, с указанием источников информации. Каталог иллюстрирован фотографиями фрагментов селевых русел. В этом капитальном труде были сосредоточены сведения о селевых бассейнах и прошедших селевых потоках за период с позапрошлого века по 1965 год, содержащиеся в трудах многих организаций и специалистов.

Сбор и обработка селевой информации по использованной в каталоге схеме продолжались всеми его разработчиками до начала 1990-х годов, причём значительное пополнение её объёма достигалось за счёт сплошного дешифрирования аэрофотоснимков территорий и поступления информации от гидрометеорологической сети. Институтом были разработаны рекомендации по созданию банков данных селевой информации (и выявлены её потенциальные потребители), по организации и проведению селевого мониторинга. Накопленная к началу 1990-х годов информация позволила, по разработанной в институте легенде и методам расчёта селеобразующего водного и селевого стока с участием специалистов соответствующих УГМС, издать обзорные карты селевой опасности Закавказья и Дагестана, Грузии, Азербайджана и Армении масштаба 1:1 млн., в которых в качестве критериев опасности были использованы количественные характеристики селевых бассейнов, очагов и максимального (прогнозного) селевого стока. На картах также дана информация о селеобразующих осадках 1% обеспеченности, необходимая для расчетов селевого стока (разработанная М.С. Хвичия – для Грузии и Е.А. Талановым – для остальных территорий).

По разработанной КазНИГМИ, с участием института, документам (“РД 52.30.238 89” и [*Методические..., 1989 и др.*]) намечались: организация и проведение работ по изучению селей и разработка расширенного издания каталога. Однако из-за возникшей в 1991 году разобщённости исполнителей на государственном, ведомственном и даже внутриведомственном уровнях, а также возникших проблем с финансированием и кадрами, перспективные работы были свёрнуты. С 1992 года сбор и систематизацию селевой информации институт осуществляет самостоятельно: оценки характера селевой опасности, установление зон её распространения в географических и административных районах территории Грузии, в том числе в составе различных тематических атласов. Существенный вклад в эти разработки по-прежнему вносит обширная и хорошо систематизированная информация “золотых десятилетий. Примером таких разработок является карта селеопасных районов Нижней Сванетии (рис. 1).



Рис. 1. Обзорная карта селевой опасности Нижней Сванетии (и прилегающих районов) и диаграмма распределения её территории по категориям: 1 - высокая; 2 - средняя; 3 - слабая; 4 - потенциальная; 5 - сели не ожидаются (равнина или ледники).

Преобладающий тип потока: - грязевый; - водокаменный; - смешанный; цифры 100, 120... нанесены на изолинии суточного слоя осадков 1% обеспеченности, мм: - граница региона – белая линия.

Традиции в области изучения условий формирования селей и инженерных проблем селеведения

Работы по изучению условий формирования селевых потоков, их стоковых и русловых характеристик проводятся в институте с 1958 года под руководством И.И. Херхеулидзе, использовавшего ранее накопленный опыт работы в системе Союздорпроекта [Херхеулидзе И.И., 1947]. В институте разрабатываются основы инженерной теории селевых потоков, включающей: а) понятия - о пределе текучести селевой массы (в зависимости от физико-механических характеристик и концентрации её твёрдой составляющей); о плотности упаковки твердых частиц и возможности трансформации водного потока в селевой (которая отрицалась рядом селевиков, но была доказана уникальными экспериментами КазНИГМИ на Чемолганском полигоне); б) статистический и феноменологический анализ известных фактических материалов по параметрам селевых потоков и, на их основе, известных (в том числе собственных) методов расчёта с выбором оптимальных решений. Важнейшие результаты этих исследований нашли отражение в разработанном (ныне действующем) документе («Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей. ВСН 03-76»), который даёт возможность определения (оценки) полного состава данных, необходимых для проектных обоснований. За истекший период она применялась как при проектировании многих десятков сооружений на селевых реках, так и для определения ареалов риска, связанного с селевым воздействием (в том числе специалистами института). Результаты проведенных исследований, а также рекомендации по определению параметров прорывных волн селевого генезиса подробно отражены в специальных сборниках [Гидротехнические..., 1972, 1984; Вопросы..., 1990].

Работа по изысканию возможностей усовершенствования инструкции ВСН 03-76 проводилась со времени её издания. Так, автором (И.И. Херхеулидзе) в статьях сборника [Гидротехнические..., 1984, с. 27-47 и 47-60] было предложено при определении селеактивности в селевых очагах, сложенных рыхлообломочным грунтом, вводить поправку на устойчивость их ложа, зависящую от числа Лохтина и возможности (и целесообразности) определения водного расхода, наряду с рекомендованным в инструкции ВСН 03-76, другими – наиболее подходящими (апробированными) для данных условий методами (например, также разработанными в институте техническими указаниями Г.Д. Ростомова [Технические..., 1980]). Было предложено детализировать слишком широкий диапазон значений удельной селеактивности для каждого из характерных участков бассейна (таблица 1 ВСН 03-76) путем учёта: принадлежности слагающих селевые очаги основных пород к одному из шести (Э.Д. Церетели, в



[*Гидрологические...*, 1984, с. 10-27]) литолого-стратиграфических комплексов, высотного положения очага и его удалённости от основного русла. Эти рекомендации включены в соответствующие разделы опубликованного (но не утвержденного) пособия (ПМП-91) [*Пособие...*, 1982], затем, с рядом оценок опубликованы автором [*Херхеулидзе Г.И.*, 2011, 2013].

Отметим, что в состав традиций специалистов института входит систематическое сотрудничество с проектными организациями с непосредственным участием в составлении проектных обоснований и принятием окончательного объективного решения на основе сравнительного анализа с другими известными (прежде всего нормированными) решениями и сопоставления с репрезентативными фактическими данными.

Вопросы противоселевой защиты

Основы этого направления исследований были заложены в 1940-е годы и обобщены в публикации [*Херхеулидзе И.И.*..., 1947], где рассмотрены мероприятия по предотвращению развития эрозионных процессов в горно-предгорной зоне, в частности, сокращению объёма овражных (селеобразующих) выносов – путём возведения барражей. В ЗаКНИГМИ это направление получило дальнейшее развитие. Были проанализированы существующие методы селезащиты и регулирования селевых русел, предложены новые типы «сквозных индустриальных селезащитных сооружений из сборного железобетона» («системы ЗаКНИГМИ») и разработан комплекс рекомендаций по их проектированию в различных природных условиях [*Херхеулидзе И.И.*..., 1967], Институт организует исследования с целью обеспечения их надёжности: систематизируются возможные схемы воздействия селей на преграды (схема Херхеулидзе Г.И. в СН 518.79) и разрабатываются методы расчёта селевых нагрузок на них. [*Гидрологические...*, 1984, с. 67-77, 77-112], в лабораториях гидротехники, гидродинамики и аэродинамики проводятся экспериментальные исследования гидравлической работы конструкций. Разрабатываются теоретические основы и программное обеспечение статико-динамических расчетов сквозных конструкций и их элементов. В 1975 и 1976 гг. на примере экспериментального сквозного сооружения на р. Дуруджи, успешно выдержавшего натиск двух мощных селей, подтверждается эффективность работы этих конструкций. Изучение опыта работы сквозных сооружений позволяет к концу 1970-х годов разработать рекомендации по усовершенствованию их конструктивных элементов и компоновочных схем (Г.И. Херхеулидзе). Эти рекомендации, в частности, были реализованы в осуществленном проекте защиты от селей г. Телави комплексом из трех сквозных конструкций высотой 12,5 м. Конструкции системы ЗаКНИГМИ были построены также в Югославии и в ряде других стран.

К сожалению, опыт эксплуатации сквозных конструкций не обобщался. При этом известно, что экспериментальное сооружение на р. Дуруджи, а также несколько сооружений на Северном Кавказе и в Казахстане были разрушены селом, что используется как предлог усомниться в эффективности конструкции (особенно конкурентам). Однако, без специальной (и объективной) экспертизы проектных обоснований и установления конкретных причин разрушения сооружений суждения об их эффективности не корректны. Так, в статье из сборника [*Гидрологические...*, 1976, с. 112-124] наглядно показано, что причины разрушения – это: размыв нижнего бьефа конструкции из-за грубейших отклонений от проекта при постройке; ничем не обоснованный отказ (Минводхоза) от продолжения эксперимента и прекращение эксплуатационного надзора. Отметим, что пойменная секция, заполненная крупнообломочной селевой массой, ещё долго выполняла роль полузапруды, отжимая потоки (в том числе селевые) к правому берегу, препятствуя лобовому набегу их на защищающую город Кварели дамбу.

Причиной разрушения сооружения, помимо дефектов, постройки, может быть также несоответствие его размеров или (и) её элементов расчётным типу и параметрам



селя. Например, если фактические параметры селя превысили расчётные, или если принятая сквозность конструкции не достаточна для смягчения лобовой нагрузки (при крупновалунных селях).

Задачи прогнозирования селевой опасности и проблемы селевого мониторинга

Под селевой опасностью подразумевается возможность получения ущерба в результате прохождения селя, а под риском - пренебрежение знанием о такой возможности с оценкой вероятности и масштаба ущерба или без неё. Критерием такого риска может быть ущерб, который будет получен в зоне селевого воздействия при параметрах селевого стока с заданной обеспеченностью. Отметим, что селевикам института предпочтительно определять селя, как “поток твёрдожидкой (селевой) массы (смеси)” или (для преобладающего типа селей) - “поток водно-грунтовой смеси”, который, кстати, может перемещаться как быстро, так и медленно и на любых уклонах, например, при набеге на преграду и переливе через неё). Специалисты института полагают, что экзогенные процессы (выветривание, эрозия, сели и др.), в приложении к селеведению, это – комплексные метеорологические, гидрологические и геологические процессы (по принципу общего определения: процессы между атмосферой, гидросферой и литосферой).

Со второй половины 1980-х годов в институте (З.П. Богуславская, О.М. Фридман, И.Г. Плоткина, Г.И. Херхеулидзе, И.В. Чоговадзе) разрабатываются рекомендации по альтернативным краткосрочным прогнозам селеопасности и селеобразующих осадков с использованием методов дискриминантного анализа с просеиванием предикторов и методики распознавания образов. Создается банк данных по 6 пунктам наблюдения метеорологических данных, расположенных в бассейне р. Алазани, по 13 основным предикторам, влияющим на селевые процессы (ежедневные данные наблюдений) за весь период известных случаев прохождения селей. На основе результатов этих исследований разработаны: ряд прогностических зависимостей, а также комплексная методика выдачи альтернативного прогноза селевой опасности. Проверка рекомендуемых методов по данным 56-летнего цикла наблюдений с ежедневной выдачей прогноза, оценкой качества прогноза по всем критериям матрицы сопряженности показала удовлетворительную надежность рекомендуемых методов, подтвержденную также кратковременным периодом испытания гидрографической партией ГрузУГМС, которое закончилось в связи с отсутствием необходимых финансов и кадров. Основные результаты описанных исследований опубликованы в статьях [*Вопросы...*, 1990 с. 29-46 и с. 88-100; Херхеулидзе, 2001].

Оценки влияния изменения климата на характер и масштаб селевых процессов в настоящее время находятся в стадии разработки и даются на основе параметрического и феноменологического анализа параметров, принятых для альтернативного прогноза селей и расчёта их стоковых характеристик в диапазоне их возможных изменений (с учётом возможности похолодания). Оценивалось также возможное влияние длительной засухи на параметры селевого стока. Основное содержание этих разработок освещено в публикациях [Херхеулидзе, 2012; 2014, 2015], где также освещаются разработки института в области селевого мониторинга. Принимается, что селевой мониторинг – составной элемент мониторинга окружающей среды (для страны - системы природохозяйственного мониторинга, а поэтому его планирование и осуществление в соответствии с заданными критериями и контроль за ним на всех уровнях (от локальных до государственных мероприятий) - задача специального государственного органа (по замкнутой схеме: информация - оценка – прогноз – мероприятия – информация снова – оценка ... и т.д. (в том числе эффективности осуществлённых мероприятий). Подробные рекомендации, включая структурную схему его организации и функционирования мониторинга, даются в публикациях [*Вопросы...*, 1990 с. 29-46 и с. 88-100; Херхеулидзе, 2001]. На основе этих рекомендаций, по поступившей заявке, институтом разработан и

передан заказчику проект организации селевого мониторинга в зоне объектов гидроэлектростанции в верховьях р.Алазани (Хадори ГЭС).

За прошедший 75-летний период селевики института практически постоянно участвовали в комиссиях всех уровней по оценкам последствий прохождения разрушительных селей, а также в гидрологических обоснованиях проектов сооружений на селевых водотоках и в зоне их влияния на русловые процессы. На рис.2 показан автодорожный мост, разрушенный в 2001 году селем правого притока р. Цхенисцхали (Бабили) и погребённая в селевую массу упавшая с моста машина.



Рис. 2. Последствия прохождения селя на р. Бабили (фото Н.В. Рухадзе, 2001 г.)



Рис. 3. Состояние автомобильной дороги на правом берегу р. Цхенисцхали.

Выводы и рекомендации

1. Разработанные в институте, также как любые другие существующие и новые, теоретические и практические разработки, методы, рекомендации, определения (терминология), конструкции могут и должны постоянно совершенствоваться на основе их объективного и конструктивного сравнительного анализа и объективной оценки



результатов применения (если это возможно - на основе достоверных фактических данных, полученных современными методами, с доказанной их репрезентативностью).

2. Созданная за прошедший период теоретическая и научно-методическая база и сегодня позволяет решать многие задачи, однако - лишь в объёме выделяемых на исследования финансов и при наличии современного технического оснащения и квалифицированных кадров.

3. Сель – это, всё-таки, поток и, прежде всего, гидрометеоролого-геологическое (без претензии на формулировку) явление. Поэтому в осуществлении селевого мониторинга (обследованиях, оценках и рекомендациях) необходимо участие и гидрологов, и геологов, а в назначении и разработке защитных мероприятий, разумеется – гидротехников.

Список литературы

- Вопросы Гидропрогнозов, гидрологии мелиорируемых территорий и гляциологии (1972). Тр. ЗаКНИГМИ, 92(99): 29-46, 80-100. Л.: Гидрометеиздат.
- Гидрологические и гидротехнические основы проектирования противоселевых сооружений (1972). Под ред. Г.Н. Хмаладзе. Тр. ЗаКНИГМИ, 40(46): 212. Л.: Гидрометеиздат.
- Гидрологические и гидротехнические проблемы противоселевых мероприятий. Под ред. Г.И. Херхеулидзе. Тр. ЗаКНИГМИ, 40(46): 136. Л.: Гидрометеиздат.
- Методические указания по ведению государственного водного кадастра (1989). Разд. 1. Поверхностные воды, 3(4). Ежегодные данные о селевых потоках. Алма-Ата, Каз-НИГМИ, 94 с.
- Каталог селеопасных рек на территориях Северного Кавказа и Закавказья (1969). Тбилиси, УГМС ГУГМС СССР, 340 с.
- Карта селевой опасности Закавказья и Дагестана (1989). М 1:1 млн. Под ред. Г.И. Херхеулидзе. М., ГУГК СССР.
- Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» (ПМП-91) (1992). М., ЦНИИС.
- Технические указания по расчёту максимального стока рек в условиях Кавказа (1980). (Г.Д. Ростовов). Тбилиси, ЗаКНИИ Госкомгидромет СССР, 71 с.
- Херхеулидзе Г.И. (2001). Особенности использования дискриминантного анализа при разработке методов фоновый прогноза селевой опасности (на примере базы данных по бассейну р. Алазани. Тр. Междунар. конф. по эрозионно-селевым явлениям и некоторым смежным проблемам. Тбилиси: АН Грузии, Грузгидроэкология, 229-235.
- Херхеулидзе Г.И. (2011). Оценка параметров модели предельного насыщения в методах расчёта максимального селевого стока. (Международная научно-техн. конф. Актуальные проблемы гидрометеорологии и экологии»). Сб. трудов Института Гидрометеорологии ГТУ, 117: 40-43.
- Херхеулидзе Г.И. (2012). Часть 2. Сели. В кн.: Катастрофические наводнения, сели, лавины в Грузии их безопасность. Тбилиси, Технический университет», 110-175 (на груз. яз.).
- Херхеулидзе Г.И. (2013). Проблемы и опыт оценки расчётных параметров селеформирующего водного стока. (Международная научно-техн. конф. «Актуальн. проблемы гидрометеорологии и экологии»). Сб. трудов Института Гидрометеорологии ГТУ, 119: 173-177.
- Херхеулидзе Г.И. (2014). Задачи пространственно-временного прогнозирования селевой опасности в составе проблемы смягчения риска ущерба и оценка возможностей их выполнения. Сб. трудов Института Гидрометеорологии ГТУ, 120: 73-77.
- Херхеулидзе Г.И. (2015). О влиянии возможных изменений селеформирующих условий и факторов на характер и масштабы селевого риска. Сб. трудов Института Гидрометеорологии ГТУ, 121: 10-14.
- Херхеулидзе И.И. (1947). Овражные и селевые выносы. Тбилиси, Дориздат, 95 с.
- Херхеулидзе И.И. (1967). Сквозные защитные и регулирующие сооружения из сборного железобетона на горных реках. М., Гидрометеиздат, 131 с.
- Черноморец С.С. (2006). Селевые исследования в России и в странах бывшего Советского Союза. В кн.: Изменения природной среды на рубеже тысячелетий. Тбилиси-Москва, Изд-во Полиграф, 67-75.