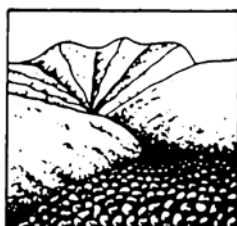


СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
8-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 6–10 октября 2025 г.



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

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2025

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 8th International Conference

Tbilisi, Georgia, 6–10 October 2025



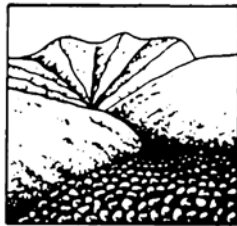
Edited by
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC
Moscow
2025

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 6-10 ოქტომბერი, 2025



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

შპს „გეომარკეტინგი“
მოსკოვი
2025

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2025. 496 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC, 2025. 496 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე-8 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო. – პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი, კ.ს. ვისხაჯიევა. – მოსკოვი: შპს „გეომარკეტინგი“, 2025. 496 ს.

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), Г.В. Гавардашвили (Институт водного хозяйства имени Цотне Мирцхулава Грузинского технического университета), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (M.V. Lomonosov Moscow State University), G.V. Gavardashvili (Tsotne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University), K.S. Viskhadzhieva (M.V. Lomonosov Moscow State University).

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 978-5-6053539-4-2

© 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



Новая методика для расчёта расходов турбулентного селевого потока

Р.В. Диаконидзе, Дж.Н. Панчулидзе, Л.Н. Цулукидзе, М.А. Мгебришвили,
Л.К. Токликишвили, С.Дж. Модебадзе

Институт водного хозяйства им. Цотне Мирикулава Грузинского технического университета, Тбилиси, Грузия, robertdia@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу причин и механизмов формирования паводков и селевых потоков в условиях глобального изменения климата. Исследование охватывает период с 1980 по 2023 г., включающий измерения на 52 гидрологических участках 41 реки. Авторы предложили новые методики прогнозирования расходов селевых потоков на основе мощности водосборного бассейна. Выявлено, что мощность водосбора является ключевым фактором, влияющим на интенсивность селевых потоков. Результаты исследований показывают, что разработанные эмпирические модели могут быть использованы для прогнозирования селевых потоков не только в Грузии, но и в регионах с аналогичными географическими условиями. Разница между расчетными и натурными показателями расходов воды не превышает 20%, что является приемлемым результатом для гидрологических исследований.

Ключевые слова: наводнение, эрозия, оползень, сель, река, речной бассейн

Ссылка для цитирования: Диаконидзе Р.В., Панчулидзе Дж.Н., Цулукидзе Л.Н., Мгебришвили М.А., Токликишвили Л.К., Модебадзе С.Дж. Новая методика для расчёта расходов турбулентного селевого потока. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 8-й Международной конференции (Тбилиси, Грузия). – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2025, с. 96–100.

A new methodology for calculating turbulent debris flow discharges

R.V. Diakonidze, J.H. Fanchulidze, L.H. Tsulukidze, M.A. Mgebrishvili,
L.K. Toklikishvili, S.J. Modebadze

Tsotne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, robertdia@mail.ru

Abstract. This article is dedicated to analyzing the causes and mechanisms of flood and debris flow formation under conditions of global climate change. The study covers the period from 1980 to 2023, including measurements at 52 hydrological sites across 41 rivers. The authors propose new methodologies for forecasting debris flow discharges based on the power of the watershed basin. It's revealed that watershed power is a key factor influencing the intensity of debris flows. The research results indicate that the developed empirical models can be used to forecast debris flows not only in Georgia but also in regions with similar geographical conditions. The difference between the calculated and observed debris flow discharge values doesn't exceed 20%, which is an acceptable result for hydrological studies.

Key words: flood, erosion, landslide, debris flow, river, river basin

Cite this article: Diakonidze R.V., Fanchulidze J.H., Tsulukidze L.H., Mgebrishvili M.A., Toklikishvili L.K., Modebadze S.J. A new methodology for calculating turbulent debris flow discharges. In: Chernomoretz S.S., Gavardashvili G.V., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 8th International Conference (Tbilisi, Georgia). Moscow: Geomarketing LLC, 2025, p. 96–100.



Введение

Среди экологических угроз в последнее время на планете Земля значительно возросло количество природных катастрофических явлений. Грузия не является исключением. Среди природных катастрофических явлений (паводки, наводнения, ускоренное развитие эрозионных процессов, развитие оползневых процессов и другие) особо следует отметить участвовавшие селевые явления. Сегодня сели наблюдаются в водосборных бассейнах рек, где раньше они не фиксировались. Одной из главных причин этого является изменение климата. Достаточно отметить, что иногда за короткий период времени (2–3 дня) выпадает месячная норма осадков, что, естественно, значительно ускоряет эрозионные процессы. Это, в свою очередь, является предпосылкой для формирования селевого потока, обладающего сильным разрушительным воздействием на природную среду.

Формирование осадков высокой интенсивности за короткий период времени провоцирует оползневые процессы, и сошедшее с откоса речной долины тело оползня может перекрыть русло реки и создать запруду, так называемую «природную плотину». В верхнем бьефе «природной плотины» происходит значительное увеличение объема водного стока, и когда масса запруженной воды достигает критической отметки, вода прорывает запруды, и смешанный с водной массой нанос образует селевой поток.

Оползневой процесс является одним из факторов возникновения селевого потока, что подлежит геологическим исследованиям. К сожалению, в Грузии при формировании природных угроз всех видов для их изучения и составления соответствующих выводов почему-то всегда направляют геологов. Хотя геологическая школа в Грузии сильна, у них самих достаточно геологических проблем, и для изучения наводнений, паводков и тем более селевых явлений необходимо участие и оценки специалистов-гидрологов. К сожалению, этого не происходит, и именно это является причиной того, что в исследованиях трагедии в Шови (3 августа 2023 г.) отсутствуют заключения специалистов-гидрологов. Между тем, насколько нам известно, изучение селевых явлений относится к сфере гидрологической науки.

Гидрологическая наука объединяет или тесно связана со следующими областями науки: метеорология и климатология, гидрогеология, геоморфология, геология и география. К сожалению, в Грузии специальность «гидрология» больше не преподается в высших учебных заведениях как самостоятельная дисциплина, что вызывает тревогу.

Результаты обследования

В области изучения селевых процессов существует множество исследований и методов, однако до недавнего времени отсутствовала прогностическая методика для расчета величины расхода селевого потока.

В Институте водного хозяйства Грузинского технического университета, в рамках выполнения программной темы, на основе накопленных знаний, соответствующих полевых исследований и собранных материалов, была разработана расчетная методика для прогнозирования величины расхода турбулентного селевого потока [Diakonidze, 2022, 2023]. Эта методика основана на потенциальной возможности (мощности) водосборного бассейна, которая является движущей силой селевого потока. Невозможно, чтобы транспортировка селевой массы произошла, если у нее нет соответствующей энергии. Например, на рис. 1 ясно видно, что без достаточной энергии реки такая объемная транспортировка камней была бы невозможна. Такая энергия, наряду с другими способствующими факторами (объемный вес потока, уклон водосборного бассейна), присуща только энергии водного потока.

Хотя формирование селевого потока может быть обусловлено и другими факторами, такими как сползание ледниковых морен, к которым добавляется твердый материал, обрушившийся со скал, а также эродированные твердые наносы со склонов русла реки, тем не менее, для транспортировки селевого потока этих факторов недостаточно без участия водного потока. Исходя из вышесказанного, мы провели



соответствующие исследования, использовали установленные в натурных условиях в вышеупомянутом институте на протяжении 30–35 лет величины расхода селевого потока для рек соответствующих водосборных бассейнов, и установили корреляционную связь между потенциальной мощностью бассейна и определёнными нами в натуре расходами. Была получена эмпирическая зависимость для расчёта прогностической величины селевого расхода (1) для двух случаев: когда мощность бассейна $N \leq 1000$ млн Вт и когда $N > 1000$ млн Вт.



Рис. 1. Валун, транспортированный селевым потоком

Общий вид зависимости следующий:

$$Q_{\text{сел}} = f(N, \alpha, \beta), \quad (1)$$

где $Q_{\text{сел}}$ – величина селевого расхода, $\text{м}^3/\text{с}$; N – потенциальная мощность водосборного бассейна, млн Вт; α и β – безразмерные величины, изменяющиеся в соответствии с гидрологическими характеристиками бассейна.

Для расчёта мощности бассейна можно использовать модифицированную эмпирическую зависимость для расчёта мощности (2), где вместо уклона бассейна используется средняя высота бассейна. Зависимость имеет следующий вид:

$$N = \gamma QH \approx 1000 \text{ кгс} \cdot \text{м}/\text{с} \approx 10000QH \text{ млн Вт}, \quad (2)$$

где N – потенциальная мощность бассейна, млн Вт; γ – объёмный вес воды, $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$; Q – расход воды соответствующей обеспеченности (повторяемости), $\text{м}^3/\text{с}$; H – средняя высота бассейна, м.

Для расчёта максимального расхода воды в условиях Грузии может быть использована методика [Ростомов, 1980].

Расчёт других величин, входящих в расчётную зависимость мощности, возможен, если нам известна мощность бассейна. Для заданного периода можно будет рассчитать расход селевого потока с учётом мощности бассейна, используя эмпирические зависимости (3) и (4), которые имеют следующий вид:

$$\text{когда } N \leq 1000 \text{ млн Вт: } Q_{\text{сел.}} = 0,006N + 2, \quad (3)$$

$$\text{когда } N > 1000 \text{ млн Вт: } Q_{\text{сел.}} = 0,08N + 45. \quad (4)$$



Надёжность эмпирических зависимостей была проверена методами, принятыми и апробированными в гидрологии, а также путём сравнения результатов, полученных по формулам (3) и (4), с величинами, установленными в натурных условиях. Проверка показала положительный результат [Diakonidze, 2021].

В формировании селевого потока участвует множество природных факторов, однако водный поток является основным средством его транспортировки. Исходя из этого, спорными являются все существующие заключения относительно природной катастрофы (селевого потока) в Шови, поскольку в них мы не видим критического анализа гидрологических процессов в связи с изменением климата. Официального заключения гидролога о произошедшей природной катастрофе не существует.

Выводы и рекомендации

Многочисленные исследования, проведенные как в природных условиях, так и в лабораториях, позволили нам представить соответствующие меры против паводков и селевых потоков, чтобы хоть как-нибудь избежать или смягчить возможные негативные последствия жестких стихийных бедствий, чтобы избежать человеческих жертв.

1. Используя полученные зависимости можно рассчитать прогностические значения расходов водного стока и селевых потоков для Грузии и регионов со схожими физико-географическими условиями.

2. На фоне глобального изменения климата необходимо расширить сеть гидрометеорологических наблюдений, выявить экологически уязвимые территории. Особое внимание следует уделить мониторингу осадков и процессов на ледниках в верховьях рек. Для этого необходимо использовать современные технические устройства: дистанционное зондирование, устройства дистанционного оповещения, а также широко используемые летательные аппараты «дрон» с соответствующим программным обеспечением.

3. На выявленных уязвимых участках должен осуществляться постоянный мониторинг, посредством установленных современных технических устройств предварительного оповещения.

4. В целях принятия практических мер для защиты от стихийных бедствий, особенно от селевых потоков, в уязвимых районах следует заранее установить противоселевые сооружения. Для этих целей мы рекомендуем эластичную противоселевую конструкцию швейцарского производства [<https://www.geobrugg.com/en>], поскольку считаем, что она полностью соответствует физико-географическим условиям нашей страны (Грузии). Хотя сегодня в Грузии производится множество типов конструкций для защиты от селей, мы считаем, что противоселевые конструкции, произведенные в Швейцарии, более рентабельны и дадут нам лучшие результаты. Тем более, что они связаны с меньшими экономическими затратами и являются многоразового использования.

5. Происходящие в природе процессы (появление трещин на ледниках и скопление в нем водной массы, раскалывание льда, обрушение и скольжение льда, обвал горных пород, накопление критического количества эродированного материала и т.п.) могут привести к запружению русла реки и созданию «естественной плотины», в результате чего стоки воды начнут скапливаться в верхнем бьефе плотины. Достигнув критической точки, вода прорвет плотину и образуется селевой поток колоссальной разрушительной энергии, к этому добавляется скопившиеся в русле реки эродированные твердые отложения, что еще больше увеличивает мощность селевого потока. Поэтому постоянный мониторинг подобных уязвимых мест необходим для своевременного обнаружения и соответствующего незамедлительного реагирования. Первым делом максимально очищаем русло реки, чтобы поток мог беспрепятственно двигаться, и в параллельном режиме, если на этом участке нет какого-либо вида противоселевого сооружения, до прорыва плотины начинаем освобождать верхний бьеф от воды механическим путем. В безвыходной ситуации возможно также использование взрывчатки малой мощности для постепенного опорожнения природного резервуара.



6. Поскольку паводки и селевые потоки часто не ограничиваются географическими границами, глобальное сотрудничество в области анализа и предсказания этих явлений становится все более важным. Обмен информацией и опытом между странами и регионами позволяет эффективнее бороться с угрозами паводков и снижать их воздействие на население и экономику.

Список литературы

- Ростомов Г.Д. Технические указания по расчету максимального стока рек в условиях Кавказа. – Тбилиси, 1980. – 71 с.
- Diakonidze R., Gvishiani Z. Calculation methodology for solid sediment and debris flow discharge. – Tbilisi: Intellect, 2022. – 10 p.
- Diakonidze R., Kereselidze D., Phanchulidze J., Tsulukidze L., Kvirkvelia I. The primary reasons for frequent natural disasters on Earth (using Georgia as an example) // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. – 2023. Vol. 17, No. 4. – P. 81–91.
- Diakonidze R., Gvishiani, Z., Lochoshvili, T., Mchedlishvili, K. Ecological problems of environment debris flows and their prediction: experience of Georgia // International Journal of Science and Research (IJSR), Environmental Monitoring and Assessment. – 2021.