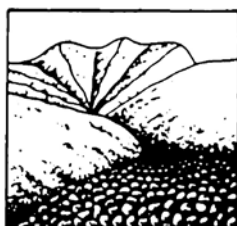


СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

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



Применение ГИС для гранулометрического анализа селевых отложений

Л.Е. Музыченко, А.А. Музыченко

*Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН,
Владивосток, Россия, allixev@yandex.ru*

Аннотация. В работе приводится описание примененной комбинированной методики гранулометрического анализа на примере исследования антропогенных селевых отложений. Определение гранулометрического состава крупных фракций выполнено с использованием ГИС, заполнителя – в ходе лабораторных исследований.

Ключевые слова: *гранулометрический состав, селевые отложения, селеформирующие грунты*

Ссылка для цитирования: Музыченко Л.Е., Музыченко А.А. Применение ГИС для гранулометрического анализа селевых отложений. 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. 328–333.

Debris flow deposits granulometric analysis by GIS application

L.E. Muzychenko, A.A. Muzychenko

*Far Eastern Geological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, Russia, allixev@yandex.ru*

Abstract. This paper describes a combined method applied for granulometric analysis of anthropogenic debris flow deposits. The analysis of large rock particles was conducted by GIS usage. The standard sieve method was used for fractions of less than 20 mm in laboratory.

Key words: *grain size analysis, debris flow deposits, sediment, debris flow-forming grounds*

Cite of this article: Muzychenko L.E., Muzychenko A.A. Debris flow deposits granulometric analysis by GIS application. 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. 328–333.

Введение

Достаточно часто при изучении селей упускают работы по исследованию гранулометрического состава грунтов, вовлеченных в селевой процесс. А между тем, этот показатель является одним из ключевых, и от него зависят многие характеристики, как самих движущихся селей, так и селевых отложений, которые могут быть вовлечены в потоки, формирующиеся в дальнейшем. Гранулометрический состав селевой массы определяет скорость селя [Степанова, 1983]. При преобладании в селевой смеси мелкозема движение потока подобно вязкопластическому течению. В данном случае скорость селя невысока. Если же содержание мелкозема относительно невелико, но достаточно для взвешивания более крупных частиц грунта, то скорость движения



селевого потока может достигать высоких значений. Также гранулометрический состав грунта, включенного в сель, обуславливает эродирующую способность потока [Степанов, 1983].

Для различного состава грунтов в соответствующих видах очагов характерен определенный тип селевых процессов [Степанова, 1985].

В дополнение ко всему гранулометрический состав является классификационным признаком для определения грунтов. Также, определение гранулометрического состава грунтов является одним из видов работ при выполнении инженерно-геологических изысканий.

Обзор проблемы

Проведение гранулометрического анализа осуществляется с последовательным применением ряда методов, выбор которых зависит от размера частиц грунта [РД 52.30.238-90, 1990].

Метод накидной сетки или фотометод применяется для наиболее крупных частиц селевых отложений, размер которых находится в пределах от 200 мм до 5000 мм и больше. В первом случае требуется достаточно громоздкое оборудование, включающее веревочную или проволочную сетку размером 5×5 м с ячейкой 1×1 м, а также шаблон размером 1×1 м, имеющий ячейку 100×100 мм. Рама шаблона может быть деревянной или металлической. В случае применения фотометода, на проведение гранулометрического анализа затрачиваются меньшие усилия. При его использовании основным требованием является получение качественного масштабированного фотоснимка, не имеющего искажений. Для определения размера частиц используется палетка, изготавливаемая из фотопленки. На данный момент этот метод, при использовании средств, описанных в руководстве селестоковым станциям и гидрографическим партиями, видится устаревшим.

Для частиц грунта размером от 200 до 20 мм применим метод грохочения. В данном случае требуется прохождение шурфа.

Ситовый, фракционный и пипеточный методы используются для определения процентного содержания частиц размером менее 20 мм (заполнителя) при проведении исследования грунта в специализированных лабораториях.

Все вышеперечисленные методы, кроме лабораторных, имеют ряд недостатков, приводящих к высоким затратам сил и времени в ходе проведения полевых исследований.

Авторы опробовали методику, основанную на комбинации элементов методов накидной сетки и фотометода для фракций грунта > 20 мм, но с применением современных компьютерных средств, дающих возможность упростить полевую часть исследования гранулометрического состава селевых отложений и проводить основной объем обработки материалов камерально. Для разделения на фракции заполнителя (< 20 мм) был применен стандартный ситовый метод в лабораторных условиях.

Методы

Для отбора проб антропогенных селевых отложений, с целью проведения гранулометрического анализа, был выбран «Северный» отвал карьера Лиственничный, на котором с 2009 г. регулярно формируются сели (рис. 1).

Вначале была отобрана проба заполнителя непосредственно из движущегося потока, что позволило получить максимально точные данные о составе грунта, взвешивающего более крупные частицы. Через несколько дней после схода селя, когда отложения были промыты осадками и, таким образом, отдельные частицы грунта стали хорошо видны, была выбрана ровная площадка с наиболее характерным распределением селевых отложений для их фотографирования. Надо заметить, что в настоящее время для получения качественного фотоснимка вполне достаточно применения смартфона с



фотокамерой, имеющей высокое разрешение. Масштабирование снимка было проведено путем размещения на площадке двух рек перпендикулярно друг другу.

Дальнейшая обработка материалов проводилась камерально. Основываясь на размерности рек, на полученной фотографии был выделен участок размером 1×1 м, после чего на него была нанесена сетка с ячейкой 10×10 см (рис. 2а). Для этого использовалась программа AutoCAD, дающая возможность точного построения сетки и ее привязки к размерности изображения.



Рис. 1. Конус выноса антропогенных селей с «Северного» отвала карьера Лиственничный

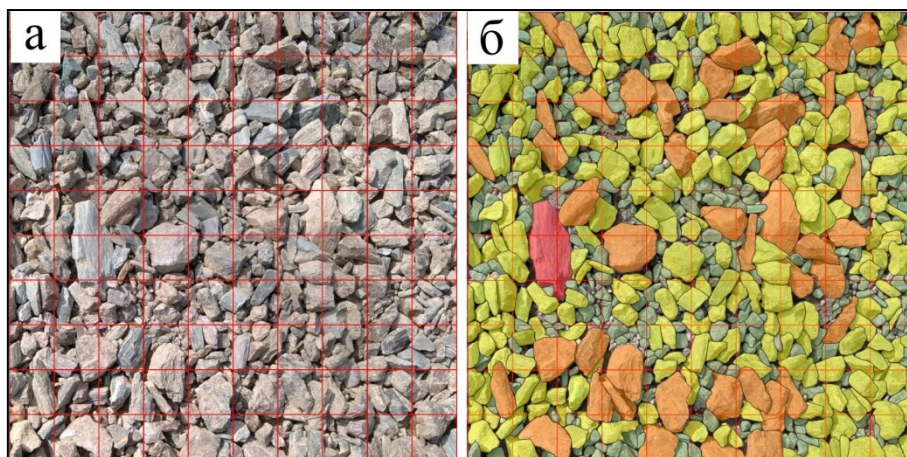


Рис. 2. Фотоснимок отложений антропогенного селя: а – с масштабной сеткой, б – с выделенными частицами различных фракций

Далее изображение было экспортировано в программу QGIS Desktop, с помощью которой проводилось разделение частиц грунта на фракции. Для оценки суммарной площади частиц каждой фракции был создан отдельный слой. Дополнительно был отведен слой для общей площади, занимаемой всеми фракциями. Выделение частиц грунта выполнялось с помощью создания в слоях соответствующих фракций полупрозрачных полигонов разного цвета, совпадающих с видимыми границами частиц (рис. 2б).

Частицы были разделены на фракции с размерами > 200 , $200-100$, $100-50$, $50-20$, < 20 мм (рис. 3).

Технически можно выделить и фракцию $20-10$ мм, но она является частью заполнителя, все фракции которого определить по фотоснимку невозможно, т.к. частицы



размером меньше 10 мм различимы слабо. Поэтому выделение данной фракции фотометодом видится излишним.

Программа GIS содержит информацию о характеристиках полигонов, в том числе, и об их площадях. Значения площадей полигонов разных слоев копировались в программу Microsoft Excel, где вычислялась суммарная площадь элементов каждого слоя. Таким образом, были получены данные по процентному содержанию в отложениях частиц размером от 200 до 20 мм. Затем из общей площади отложений была вычтена площадь частиц всех выделенных фракций и, таким образом, была получена суммарная площадь, занимаемая заполнителем.

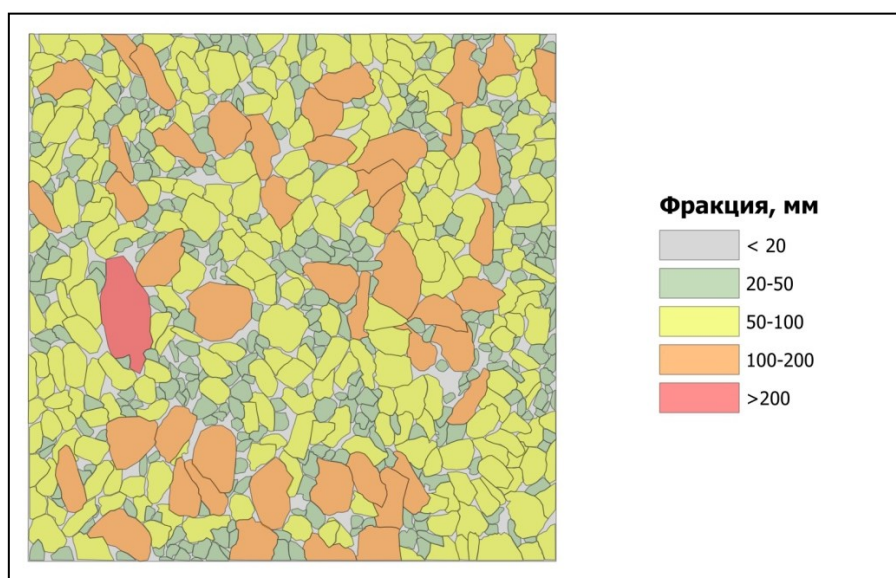


Рис. 3. Полигоны, отображающие все фракции селевых отложений

Для разделения заполнителя на фракции был применен метод просеивания пробы через сита размером 20, 10, 5 и 2 мм, чтобы определить процентное содержание частиц, исходя из веса фракций.

Исследования фракции меньше 2 мм (мелкозема) следует проводить в специализированных лабораториях.

Данные

Для опробования комбинированного метода определения гранулометрического состава была взята одна проба заполнителя, а также был использован один фотоснимок. Применение GIS показало процентное содержание фракций размером от 20 до 200 мм и больше. С помощью ситового метода были получены данные по гранулометрическому составу заполнителя (частиц размером < 20 мм). В таблице 1 представлены сводные данные по гранулометрическому составу антропогенных селевых отложений с «Северного» отвала карьера Лиственнический, полученные с применением двух перечисленных методов.

Таблица 1. Гранулометрический состав антропогенных селевых отложений «Северного» отвала карьера Лиственнический

Метод	Ситовый				Комбинированный			
Фракция, мм	0–2	2–5	5–10	10–20	20–50	50–100	100–200	>200
Содержание, %	3,1	1,5	3,9	1,9	17,8	46,7	23,6	1,5

На основе полученных табличных данных была построена гистограмма (рис. 4) распределения частиц селевых отложений по фракциям.



Отдельно отметим, что для полного исследования гранулометрического состава селеобразующих грунтов в селевом бассейне недостаточно одного фотоснимка и взятия одной пробы грунта. В данной работе были применены упрощенные условия лишь для опробования комбинированного метода. Количество точек для фотографирования и отбора проб грунта определяется программой работ на производство специализированных исследований.

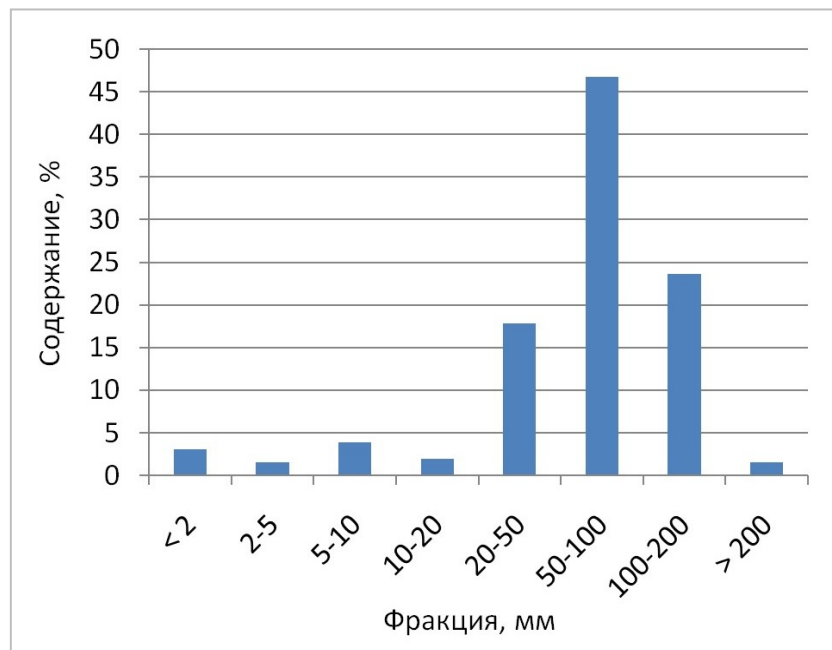


Рис. 4. Процентное содержание фракций антропогенных селевых отложений «Северного» отвала карьера Лиственничный

Сравнительный анализ данных гранулометрического состава грунтов в очаговой зоне, селевой массе и отложениях дает представление об эволюции селевой смеси на протяжении всего пути движения селя. По изменению доли мелкодисперсных частиц можно судить о степени турбулентности потока [Вардугин, 1977], о его эродирующей способности и т.д.

Выводы

Проведенная работа показала, что комбинированный метод гранулометрического анализа с применением GIS может быть использован наряду со стандартными. С его помощью можно определить гранулометрический состав селеформирующего грунта с размером частиц от 20 до 200 мм и более. Таким образом, данный метод может заменить метод грохочения, требующий проходки шурфов, и тем самым значительно уменьшить время проведения полевых работ и снизить затраты труда. При использовании БПЛА для фотосъемки, а также компьютерного распознавания изображений, процесс получения информации о гранулометрическом составе грунтов может быть значительно упрощен, а исследуемые площади увеличены.

Список литературы

Вардугин В.Н. Гранулометрический состав рыхлообломочных пород в селевых очагах и на конусах выноса // Селевые потоки. Сб. 2. КазНИГМИ. Москва: Гидрометеиздат, 1977. С. 94–106.



- РД 52.30.238-90 1990. Руководство селестоковым станциям и гидрографическим партиям. Выпуск 1. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. М.: Гидрометеиздат, 199 с.
- Степанов Б.С., Цукерман И.Г. К модели эрозионно-сдвигового селевого процесса // Селевые потоки. Сб. 7. КазНИГМИ. Москва: Гидрометеиздат, 1983. С. 39–46.
- Степанова Т.С. Эскизная модель эрозионно-сдвигового селевого процесса // Селевые потоки. Сб. 7. КазНИГМИ. Москва: Гидрометеиздат, 1983. С. 31–39.
- Степанова Т.С. О роли дисперсности селеформирующих грунтов в образовании селей // Селевые потоки. Сб. 9. КазНИГМИ. Москва: Гидрометеиздат, 1985. С. 23–32.