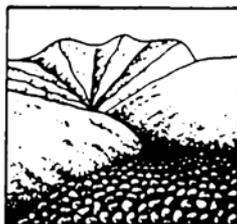


СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
8-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 6–10 октября 2025 г.



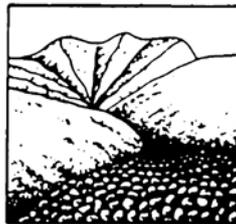
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили, К.С. Висхаджиева

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2025

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 8th International Conference

Tbilisi, Georgia, 6–10 October 2025



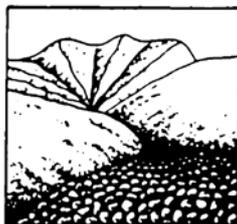
Edited by
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili, K.S. Viskhadzhieva

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 (Tsozne 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



Экономические методы повышения эффективности противоселевых защитных сооружений

М. Вартанов, Э. Кухалашвили

*Институт водного хозяйства им. Цотне Мирцхулава Грузинского технического
университета, Тбилиси, Грузия, v.martin.hm@mailcom*

Аннотация. Осуществлен расчет экономической эффективности противоселевой защиты территории, приведены формулы определения социально-экономического ущерба, возникающего при сходе селя. В качестве критериальных показателей эффективности выбран чистый приведенный доход (NPV) и внутренняя норма доходности (IRR). Результаты расчетов чистого приведенного дохода (NPV) и внутренней нормы доходности инвестиций в строительство защитного сооружения (IRR), выявили их зависимость от времени схода селя. Так, значение NPV достигает своего максимума при прохождении селя в течении первого года после завершения строительства защитного сооружения. На удовлетворительном уровне эффективность находится при прохождении селя через пять лет после завершения строительства, но уже через десять лет, величина внутренней нормы доходности инвестиций становится ниже стоимости авансированного капитала.

Ключевые слова: селевой поток, виды экономического и социального ущерба, селезащитные сооружения, экономическая эффективность, время прохождения, эффективность капиталовложений

Ссылка для цитирования: Вартанов М., Кухалашвили Э. Экономические методы повышения эффективности противоселевых защитных сооружений. 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. 444–448.

Economic methods of increasing the efficiency of debris-flow mitigation constructions

M. Vartanov, E. Kuchalashvili

*Tsozne Mirtskhulava Institute of Water Management, Georgian Technical University,
Tbilisi, Georgia*

Abstract. The calculation of economic efficiency of debris flow protection of the territory is carried out, formulas for determining the socio-economic damage arising from debris flow are given. Net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) are chosen as criterion indicators of efficiency. The results of calculations of net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) of investments in the construction of a protective structure revealed their dependence on the time of debris flow. Thus, the NPV value reaches its maximum at the debris flow during the first year after the completion of the protective structure construction. At a satisfactory level of efficiency is at the debris flow five years after the completion of construction, but after ten years, the value of the internal rate of return on investment becomes lower than the cost of advanced capital.

Key words: debris flow, types of economic and social damage, debris flow mitigation constructions, economic efficiency, time of passage, efficiency of capital investments

Cite this article: Vartanov M., Kuchalashvili E. Economic methods of increasing the efficiency of debris-flow mitigation constructions. In: Chernomorets 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. 444–448.



Основная часть

Природно-климатические условия Грузии, в том числе ее рельеф, наличие водотоков, формирующихся в высокогорье, во многом определяют возможность возникновения селевых потоков – одного из грозных проявлений природы. Селевой поток, образовавшись высоко в горах, со скоростью курьерского поезда несется по руслу селеносной реки, разрушая на своем пути мосты, дороги и другие инфраструктурные сооружения. Вырываясь из ущелья на открытое пространство долины, поток наносит значительный ущерб сельскохозяйственным угодьям, жилым постройкам, различным социальным объектам, подвергает серьезной опасности жизнь и здоровье населения [Гавардашвили, 2010; Гагошидзе, 1970]. Одним из возможных путей решения этой проблемы является строительство инженерных сооружений, обеспечивающих защиту как населения, проживающего на территории, подверженной риску прохождения селевого потока, так и созданных трудом человека материальных ценностей. При этом возникает объективная необходимость оценки экономической эффективности работы этих сооружений, а также исследование такого мало изученного вопроса, как управление денежными потоками, направляемыми в эту достаточно капиталоемкую сферу [Вартанов, 2014].

При определении экономической эффективности строительства селезащитных сооружений необходимо иметь в виду прогнозную величину ущерба, возникающего при прохождении селя. При этом величина ущерба складывается из потерь, возникающих в промышленности, в сельском и лесном хозяйстве, жилищно-коммунальном хозяйстве.

Величина **ущерба в промышленности** определяется по формуле:

$$Y_{\text{пр}} = \sum Y_i, \quad (1)$$

где Y_i – ущерб на i – том объекте, который равен:

$$Y_i = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6, \quad (2)$$

где Y_1 – ущерб от потери производственного оборудования; Y_2 – ущерб от разрушения производственных и непроизводственных зданий и сооружений; Y_3 – затраты, связанные с ремонтом производственного оборудования, зданий и сооружений; Y_4 – затраты, связанные с ремонтом непроизводственного оборудования, зданий и сооружений; Y_5 – потери производственных запасов сырья и материалов, а также готовой продукции на складах; Y_6 – потери, связанные с падением производительности труда.

Величина **ущерба в сельском, лесном и рыбном хозяйстве** определяется по формуле:

$$Y_{\text{сх}} = \sum (Y_{\text{п}} + Y_{\text{ж}} + Y_{\text{лх}}), \quad (3)$$

где $Y_{\text{п}}$ – ущерб в полеводстве; $Y_{\text{ж}}$ – ущерб в животноводстве и рыбном хозяйстве; $Y_{\text{лх}}$ – ущерб в лесном хозяйстве.

Ущерб полеводства включает в себя потери урожая как однолетних, так и многолетних сельскохозяйственных культур, затраты на восстановление продуктивности сельскохозяйственных угодий, затраты на восстановление и ремонт производственных фондов полеводства.

Ущерб животноводства включает в себя потери, связанные с гибелью животных, затраты на восстановление стада, затраты на восстановление и ремонт сооружений и механизмов животноводческих комплексов, затраты на восстановление и ремонт прудов рыбного хозяйства, затраты на проведение санитарно-эпидемиологических мероприятий.

Ущерб в лесном хозяйстве возникает за счет вымывания лесных массивов, снижения их продуктивности, затрат на восстановление леса.



Ущерб, наносимый жилищно-коммунальному хозяйству – это сумма дополнительных затрат на уборку территорий (y_1), содержание городского общественного транспорта (y_2), содержание зданий и сооружений, (y_3) посадку зеленых насаждений и уход за ними (y_4), очистку питьевой воды (y_5):

$$y_x = \sum (y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5). \quad (4)$$

Таким образом, ущерб, возникающий при катастрофическом прохождении селя, выражается суммой ущербов, возникающих в промышленности, в сельском, лесном и рыбном хозяйстве, ущербе жилищно-коммунального хозяйства и других отраслях народного хозяйства.

При расчете эффективности инвестиций в строительство противоселевых сооружений исходим из того, что предотвращенный ущерб по своей экономической сути является положительным эффектом, возникающим в результате функционирования сооружения. Также следует отметить, что сели, как правило, образуются достаточно редко, а инвестиции в строительство защитных сооружений осуществляются в текущем периоде, при этом эксплуатация сооружения и, соответственно, эксплуатационные расходы производятся ежегодно. Денежные потоки, возникающие при строительстве и эксплуатации противоселевых сооружений, имеют следующий вид (таблица 1).

Таблица 1. Денежные потоки, возникающие при строительстве и эксплуатации противоселевых сооружений

№	Денежный поток	Годы					
		1	2	3	...	t_{n-1}	t_n
1	Капитальные затраты	K					
2	Годовые эксплуатационные затраты	C_1	C_2	C_3	...	C_{n-1}	C_n
3	Предотвращенный ущерб						P

Учитывая вышеизложенное, чистый приведенный доход от работы построенного и функционирующего противоселевого сооружения можно рассчитать по формуле (5):

$$NPV = \frac{P}{(1+\alpha)^n} - K - \sum_1^n \frac{C_i}{(1+\alpha)^i}, \quad (5)$$

где P — предотвращенный ущерб в году n ; K — затраты на капитальное строительство в нулевом году; C_i — эксплуатационные затраты в i -м году; $(1+\alpha)^i$ коэффициент дисконтирования [Ковалев, 1998].

В целом, для любого инвестиционного проекта формула расчета внутренней нормы доходности IRR выглядит следующим образом:

$$0 = \sum_0^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t}, \quad (6)$$

где CF_t — величина денежного потока в момент t ; n — количество временных периодов; IRR — внутренняя норма доходности.

Как известно, сели переносят в низовья реки десятки и сотни тысяч, а в отдельных случаях и миллионы кубометров грязекаменной массы. При этом интенсивность разрушительных процессов в селевом бассейне зависит в основном от состояния растительного и почвенного покрова, климата, геологического строения бассейна, тектонической активности отдельных его участков [Гагошидзе, 1970]. О силе разрушительного воздействия селя можно судить по следующим данным. Так, только в 2017 г. сход селя на Филиппинах стал причиной гибели около 90 человек. Жертвами селя, сошедшего с гор в районе Лос-Лагос в Чили, стали не менее 15 человек. В



Кабардино-Балкарии со склонов хребта Адыл-Су сошел мощный селя. В горах оказались отрезанными 27 туристических баз и 49 зарегистрированных туристических групп, в составе которых было более 500 человек. Жертвами селя стали три человека. Сразу несколько селей обрушились на Кадамжайский район Киргизии, были затоплены 84 дома, размыты 25 км дорог, разрушены 12 мостов, погибли 5 человек. В районе Военно-Грузинской дороги сход селя повредил 2 км трассы, вызвав остановку автомобильного движения в Дарьяльском ущелье.

Из вышеизложенного видно, что физическое разрушение природной инфраструктуры приводит к значительному социально-экономическому ущербу, величина которого обычно колеблется от 0,2 до 2,0 и более млн. долларов США. В целях защиты от разрушительного воздействия селя, сохранения устойчивого состояния природной инфраструктуры водосборных бассейнов предлагается вариант инженерной защиты системы Института водного хозяйства Грузинского технического университета. Конструкция представляет собой противоселевое полуконическое сооружение [Гавардашвили, 2010]. При ширине водотока 10 м высота сооружения определена 5 м, а длина составила 26,5 м. Расход материалов на возведение сооружения составляет: выбывшие железнодорожные рельсы — 500 м, железобетонные работы — 17,0 м³, земляные работы — 14,13 м³. Для условий, когда коэффициент проницаемости равен 0,56, количество сооружений, необходимых для эффективной защиты прилегающей территории, составляет 2.

Таким образом, стоимость создания двух противоселевых сооружений в ценах 2019 г. достигает 24,7 тыс. долл. США. Эксплуатационные расходы, необходимые для защиты и поддержания сооружений в исправном состоянии, составляют примерно 3,0 тыс. долл. США/год. Значения чистой приведенной стоимости (*NPV*), а также внутренней нормы доходности инвестиций в строительство противоселевых сооружений (*IRR*) в зависимости от частоты прохождения селя приведены в таблице 2.

Таблица 2. Величина чистого приведенного дохода (*NPV*) и внутренняя норма доходности инвестиций в строительство противоселевых сооружений (*IRR*)

Прохождение селя после завершения строительства защитного сооружения, лет	Ущерб до 200,0 тыс. долл. США		Ущерб до 1000,0 тыс. долл. США		Ущерб до 2000,0 тыс. долл. США	
	Чистый приведенный доход тыс. долл. США (<i>NPV</i>)	Внутренняя норма доходности и инвестиций, % (<i>IRR</i>)	Чистый приведенный доход тыс. долл. США (<i>NPV</i>)	Внутренняя норма доходности инвестиций, % (<i>IRR</i>)	Чистый приведенный доход тыс. долл. США (<i>NPV</i>)	Внутренняя норма доходности инвестиций, % (<i>IRR</i>)
3	112,8	135	680,85	431	1390	654
5	81,5	41	537,25	115	1107,2	157
10	25,13	7	281,13	30	601,1	41
15	-6,35		137,65	13	317,6	19
20			55,67	5	155,67	9

Результаты расчетов *NPV* и *IRR*, приведенные в таблице 2, при ожидаемом ущербе от разрушительного воздействия селя до 200,0 тыс. долл. США показывают, что наибольший эффект от строительства защитного сооружения наблюдается при прохождении потока через первые три года после завершения строительства сооружения. На удовлетворительном уровне эффективность находится при прохождении селя после пяти лет после завершения строительства, но уже при прохождении селя через десять лет несмотря на то, что чистый приведенный доход составляет 25,13 тыс. долл. США, величина внутренней нормы доходности инвестиций становится ниже стоимости авансированного в данную деятельность капитала.



Примерно аналогичная картина наблюдается в группах, где ущерб от прохождения селя достигает 1,0 и 2,0 млн долл. США.

Выводы

Природно-климатические условия Грузии, в том числе ее рельеф, наличие водотоков, формирующихся в высокогорье, во многом определяют возможность возникновения селевых потоков – одного из грозных проявлений природы. Селевой поток, образовавшись высоко в горах, со скоростью курьерского поезда несется по руслу соленосной реки, разрушая на своем пути мосты, дороги и другие инфраструктурные сооружения. Вырываясь из ущелья на открытое пространство долины, поток наносит значительный ущерб сельскохозяйственным угодьям, жилым постройкам, различным социальным объектам, подвергает серьезной опасности жизнь и здоровье населения.

Одним из наиболее эффективных методов борьбы со стихией потока является строительство инженерных сооружений, обеспечивающих как защиту населения, проживающего в зоне риска прохождения селя, так и сохранение созданных человеческим трудом материальных ценностей.

При определении экономической эффективности строительства селезащитных сооружений необходимо иметь в виду прогнозную величину ущерба, возникающего от схода селя. При этом величина ущерба складывается из потерь, возникающих в промышленности, в сельском и лесном хозяйстве, жилищно-коммунальном хозяйстве.

Результаты расчетов чистого приведенного дохода (*NPV*) и внутренней нормы доходности инвестиций (*IRR*) показали, что значение *NPV* достигает своего максимума при прохождении селя в течение первого года после завершения строительства защитного сооружения. На удовлетворительном уровне эффективность находится при прохождении селя в течение пяти лет после завершения строительства, но уже через десять лет, величина внутренней нормы доходности инвестиций становится ниже стоимости авансированного капитала.

С целью повышения экономической эффективности капиталовложений в строительство селезащитных сооружений необходимо осуществлять капитальные затраты только на основе детальной оценки потенциала очагов солеобразования, строить защитные сооружения в ближайшем к прогнозируемому значению времени схода селя.

Список литературы

- Вартанов М.В., Экономическая эффективность инженерной защиты хозяйственных объектов на реках Западной Грузии от наводнений. Тверь-Рязань: Российская академия наук, ВНИИ сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, 2014.
- Гавардашвили Г.В. Защита горных ландшафтов от стихийных явлений некоторых объектов стратегического назначения Грузии. Симферополь, 2010.
- Гагошидзе М.С., Селевые явления и борьба с ними. Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1970. 386 с.
- Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов, М.: Финансовая статистика, 1998. 144 с.