

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 7th International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



Edited by
S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC
Moscow
2024

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2024

泥石流： 灾害、风险、预测、防治

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

S.S. Chernomorets, K. Hu, K. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). – Ed. by S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC. 622 p.

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024. 622 с.

泥石流：灾害、风险、预测、防治。 會議記錄 第七届国际会议. 中国成都。 編輯者 S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – 莫斯科: Geomarketing LLC. 622 p.

ISBN 978-5-6050369-6-8

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), К. Ху (Институт горных опасностей и окружающей среды Китайской академии наук), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (Lomonosov Moscow State University), K. Hu (Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS), K.S. Viskhadzhieva (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).

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



Методика оценки селевой опасности на примере Западного Кавказа, Сочинский район

Е.В. Дзаганя, К.Г. Самаркин-Джарский, Л.М. Самаркина-Джарская

ООО «ГК «Инжзащита», Сочи, Россия, krylenka@gmail.com, samarkin@bk.ru,
l_samarkina@mail.ru

Аннотация. В статье содержится обзор существующих в России нормативных методик определения селевой опасности для выполнения инженерных изысканий для строительства. Отмечен ряд проблем при выделении категорий (степеней) селевой опасности на примере района Сочи, Западный Кавказ.

Предлагается пошаговая методика определения селевой опасности ландшафтным методом, учитывающим горную поясность и особенности каждого ландшафта по заранее установленному перечню факторов, воздействующих на формирование селевых потоков. Методика универсальна для исследуемого региона, применима для территорий различных размеров, адаптируема для условий других регионов.

Ключевые слова: селевая активность, оценка селевой опасности, Сочи, селевой поток, селевой очаг, ландшафтный метод

Ссылка для цитирования: Дзаганя Е.В., Самаркин-Джарский К.Г., Самаркина-Джарская Л.М. Методика оценки селевой опасности на примере Западного Кавказа, Сочинский район. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 104–114.

Methodology for assessing debris flow hazard (a case of the Western Caucasus, Sochi region)

E.V. Dzaganiiia, K.G. Samarkin-Dzharskii, L.M. Samarkina-Dzharskaia

LLC “GK “Inzhzashchita”, Sochi, Russia, krylenka@gmail.com, samarkin@bk.ru,
l_samarkina@mail.ru

Abstract. The article contains an overview of the regulatory methods existing in Russia for determining debris flow hazards for performing engineering surveys for construction. A number of problems were noted when identifying categories (degrees) of debris flow hazard using the example of the Sochi region, Western Caucasus.

A step-by-step methodology for determining debris flow hazard using the landscape method is proposed, taking into account the mountainous zonation and features of each landscape according to a pre-established list of factors affecting the formation of debris flows. The methodology is universal for the region under study, applicable to territories of various sizes, and adaptable to the conditions of other regions.

Key words: debris flow activity, debris flow hazard assessment, Sochi, debris flow, debris flow origination site, landscape method

Cite this article: Dzaganiiia E.V., Samarkin-Dzharskii K.G., Samarkina-Dzharskaia L.M. Methodology for assessing debris flow hazard (a case of the Western Caucasus, Sochi region). In: Chernomorets S.S., Hu K., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 104–114.



Введение

Территория муниципального образования Сочи находится в гористой местности на юге Краснодарского края Российской Федерации на территории площадью около 3,5 тыс. км², во влажном субтропическом поясе. Муниципальное образование город Сочи (далее МО Сочи) протянулось полосой протяженностью более 100 км и шириной 40–80 км вдоль побережья Черного моря.

Рельеф отличается значительным разнообразием. Вдоль побережья Черного моря находятся сравнительно узкие приморские террасы шириной до 2,5 км. Далее, вглубь суши рельеф меняется от холмистых низкогорий до высокогорий альпийского типа с высотой до 3280 м н.у.м. (гора Агепста) Главного Кавказского хребта. Селитебные территории, в основном, находятся в пределах до 10 км от береговой линии. Отдельные населенные пункты удалены от побережья на 30–40 км (поселок Красная Поляна, село Марьино, село Солох-Аул).

Актуальность проблем выявления, мониторинга, оценки, анализа, прогноза и предупреждения селевой опасности для города Сочи возрастает с каждым годом. Стремительно растет население. Численность постоянных жителей увеличилась примерно в 5 раз за 20 лет. Количество туристов может в разы превышать население муниципального образования. Расширяются горнолыжные курорты, проектируются и строятся дороги. Хозяйственное и рекреационное освоение территорий происходит от морского побережья и долин горных рек в нижнем течении до горных массивов высотой более 1800–2000 м н.у.м. (хребты Аибга, Ачишхо, Аишхо, Псахоко, Псеашхо, Фиштинский массив).

Опасные селевые процессы формируются под влиянием комплекса факторов, основными из которых являются возможность увлажнения крупнообломочных грунтов, скапливающихся в значительном количестве на крутых склонах и в руслах рек. Кроме того, существенную роль играет хозяйственная деятельность человека (подрезки склонов, вырубка лесов, распашка склонов, создание запруд и т.п.), изменения климатических факторов, растительного и почвенного покрова и других.

Так как каждый ландшафт обладает уникальным комплексом свойств, в разрабатываемой методике предлагается использовать этот комплексный элемент для выявления категории опасности ландшафта.

В данной работе предлагается методика комплексного определения селевой опасности территорий с целью объективной и максимально достоверной оценки.

Краткий обзор проблемы

В настоящее время в Российской Федерации (далее РФ) изыскания для строительства в районах развития селевых процессов регламентируются действующим нормативным документом (далее НД) [СП 479.1325800.2019, 2020]. НД разработан для территории РФ. В нем приведены генетическая классификация селевых потоков, факторы формирования, соответствующие классу селя, основные причины и механизмы зарождения селей, виды селевых потоков по соотношению твердой и жидкой составляющих селевой смеси и их характерные признаки.

Согласно картографической части НД, для оценки степени селевой опасности на «Схеме зонирования селевых явлений на территории Российской Федерации» [СП 479.1325800.2019, 2020], используются следующие градации категорий селевой опасности: «высокая», «средняя», «слабая», «потенциальная». Также на карте выделены участки формирования вулканогенных селей.

Районирование включает селевые зоны: теплую и холодную, которые подразделяются на 6 селевых регионов и 15 селевых областей.

Согласно этому делению, изучаемый Сочинский район находится в области Черноморского побережья Кавказа Европейского региона теплой зоны. Степень селевой опасности области Черноморского побережья Кавказа оценивается как слабая, с селеопасным периодом 12 месяцев (т. е. в течение всего года).



В тексте этого же НД приведена Таблица А.1 «Перечень субъектов Российской Федерации, на территории которых распространены селевые процессы, и категории селевой опасности». В Таблице А.1 категории селевой опасности, максимально возможные для отдельной территории, отличаются от «Схемы зонирования...» и определены следующим образом: «весьма опасная», «опасная», «умеренно опасная». Краснодарский край (где находится Черноморское побережье Кавказа и город Сочи) в Таблице А.1 отнесен к категории «опасная».

Таким образом, в НД [СП 479.1325800.2019, 2020] выделяются как степени селевой опасности: высокая, средняя, слабая, потенциальная и участки формирования вулканогенных селей, так и категории максимальной селевой опасности: весьма опасная, опасная, умеренно опасная. Чем именно отличаются градации степеней и категорий селевой опасности, в НД не указано. Можно предположить соответствие степеней категориям: «высокая» – «весьма опасная», «средняя» – «опасная», «слабая» – «умеренно опасная». В таком случае, в НД имеется неопределенность при классификации селевой опасности по одному и тому же району, не приведены какие-либо количественные параметры соответствия степеней и категорий процессов. Например, в Краснодарском крае в Сочи, в области Черноморского побережья Кавказа на «Схеме...» степень селевой опасности определена как «слабая». В этом же НД категория максимальной селевой опасности для всего Краснодарского края «опасная», при этом большая часть территории края – это равнины. Кроме того, в силу масштабности районирования территории РФ, детальная оценка крупных и неоднородных по климату, рельефу, геологическим условиям территорий, таких, как Черноморское побережье Кавказа, отсутствует.

Для определения характеристик селевых потоков разных генетических типов в расчетном створе НД [СП 479.1325800.2019, 2020] дает ссылки на ранее принятые методики и руководящие документы, в том числе [ВСН 03-76, 1976]. В ВСН 03-76 приведены количественные параметры семи селевых категорий (таблица 1) от наиболее опасной (категория 1) до минимальной (категория 7).

В примечании дано указание оценивать значение удельного коэффициента селеактивности по высшему значению для своей категории для пунктов 1, 2, 3. Для селевых очагов, где имеют распространение глинистые и аспидные сланцы нижней юры, мергели, аргиллиты, песчаники карбонатно-терригенного флиша верхней юры, мела, палеогена, слабосцементированные конгломераты, суглинки, глины, лессовидные породы, галечники неогена и четвертичного периода.

В таблице 1 заключена неопределенность в выборе значения коэффициента селевой активности из достаточно широких диапазонов.

Еще одним НД, где оценивается селевая опасность территории РФ, является «Геофизика опасных природных воздействий» [СП 115.13330.2016, 2016]. В Таблице 5.1. НД приводятся **степени опасных процессов**, при этом категории «низкая» и «потенциальная» – отсутствуют. Фрагмент, касающийся Черноморского побережья Кавказа, приведен в таблице 1.

Таблица 1. Категории опасности природных воздействий (сели), фрагмент Таблицы 5.1 из [СП 115.13330.2016, 2016]

Показатели, используемые при оценке категории опасности природного процесса (ОПП)	Категории опасности процессов			
	чрезвычайно опасные (катастрофические)	весьма опасные	опасные	умеренно опасные
Площадная пораженность территории, %	-	Более 50	10–50	Менее 10
Объем единовременного выноса, млн м	-	Более 0,5	0,05–0,5	Менее 0,05
Скорость движения, м/с	2–15			
Повторяемость, ед./год	-	Менее 0,01	0,1–0,01	Более 0,1



Районирование селевой опасности территории РФ в этом же НД представлено в приложении Б на «Карте распространения селевых явлений на территории Российской Федерации».

На «Карте...» выделено **5 категорий районов**: с высокой, средней, низкой степенями селевой активности, а также потенциальной селевой опасности и категория неселеопасных территорий. Согласно этой карте, район города Сочи находится преимущественно в районе с низкой степенью селевой активности. Южной части территории (бассейны рек Мзымта и Псоу), присвоена средняя степень селевой опасности.

Таким образом, в тексте НД документа [*СП 115.13330.2016, 2016*] дана характеристика категорий на основании площади пораженности территории (%), объема единовременного выноса, повторяемости (ед./год), но неясна связь табличных значений со степенями селевой опасности на карте районирования.

Еще одним источником сведений о селевой опасности района Красная Поляна МО Сочи является [*Кадастр селевой опасности Юга Европейской части России, 2015*]. В нем селеопасность территории оценивается категориями: по количественному параметру – объему максимального единовременного выноса грунта (W , тыс. м³): слабая ($W = 1-10000$); средняя ($W = 10001-100000$); сильная ($W = 10001-100000$). Также сели в «Кадастре...» различаются по соотношению твердой и жидкой составляющих селевой смеси и генезису. Районирование производится по бассейновому принципу: степень селеопасности принимается для всего бассейна водотока.

На территории Красная Поляна (бассейн реки Мзымта) выделены бассейны с селеопасностью: сильной, средней, слабой и с отсутствием данных (вероятно, потенциально селеопасные) с указанием водного генезиса: ледниково-дождевые, дождевые, снежно-дождевые.

Еще один источник: «Паспорт гидрометеорологической безопасности Краснодарского края» [*ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2017*]. Район Сочи выделен как Сочи-Краснополянский район типичных грязекаменных селей (высокая и катастрофическая опасность). Указывается, что район распространения грязекаменных селей с крупнообломочным материалом, поступающим преимущественно из оползневых очагов, отмечается в бассейнах рек Шахе, Сочи (высокая опасность), Мзымта (катастрофическая опасность), и Псоу. В высокогорной области сели формируются на склонах хребтов Хуко, Чура, Амуко, Игош, Ачишхо, Аибга и др. в верховьях рек Аше, Псеуапсе, Шахе, Сочи, Мзымта и Псоу, а также их притоков (причем с катастрофической степенью опасности) – рек Бзыч, Ачипсе, Бешенка, Кепша, Чвежипсе и др.

Проблемы при определении селевой опасности:

1. В прикладных нормативных документах для проведения инженерных изысканий, справочных материалах выявлены разночтения в классификации и определении селевой опасности и селеактивности даже в рамках одного документа, например: [*СП 479.1325800.2019, 2020; СП 115.13330.2016, 2016*]. Существует необходимость устранения неопределенности и разночтений при оценке селевой опасности.

2. В НД [*ВСН 03-76, 1976*] категории селевой опасности соответствуют диапазонам количественных значений коэффициента селеактивности, который необходимо учитывать в расчетах параметров селевых потоков. Диапазон значений коэффициента селеактивности для каждой категории весьма широк, что создает неоднозначность выбора значения для расчетов параметров дождевых паводков.

3. Коэффициент селеактивности применяется в расчетах характеристик дождевых селей. От точности определения параметра селевой активности зависит точность расчетов и прогноза возможных селевых воздействий на сооружения и окружающую среду. Существует необходимость совершенствования методики определения селевой активности для обеспечения сопоставимости результатов оценки комплексной селевой опасности.



4. Бассейн даже небольшого водотока может включать несколько зон с различными категориями селеактивности. Для более крупных бассейнов, включающих реки с притоками, оценка селеактивности еще больше усложняется. Требуется совершенствование методики определения опасности комплексного процесса. Методика должна быть достаточно универсальной, применимой для территорий различных размеров, т. е. масштабируемой в зависимости от задач и размеров территории исследований, адаптируемой к условиям других регионов.

Ландшафтный метод оценки селевой опасности

Учет условий формирования селевых потоков

Понятие ландшафта обозначает относительно однородный участок географической оболочки, ограниченный естественными или хозяйственными рубежами, единый в орографическом, тектоническом и климатическом отношениях, обладающий закономерным сочетанием функционально взаимосвязанных компонентов и пространственных элементов естественного и антропогенного происхождения.

Среди общих для всего района Сочи природных факторов следует отметить высокую сейсмическую опасность. На территории возможны 9-балльные землетрясения. Сейсмические явления могут активизировать сход оползней, обвално-осыпные явления, разрушения ледников, сход лавин, создавая запрудные и прорывные явления. Кроме того, землетрясения могут разрушить существующие гидротехнические сооружения и сооружения инженерной защиты на реках, привести к разрушению дамб на озерах и искусственных запрудах. Вулканические явления в районе Сочи не активны.

Для района характерна высокая оползневая опасность, обусловленная тем, что поверхность горных склонов сложена преимущественно непрочными грунтами: глинистые сланцы, мергели, аргиллиты, песчаники. На склонах образуются скопления рыхлого обломочного материала, которые являются потенциальными селевыми очагами.

Территория сильно расчленена, имеет густую гидрографическую сеть, водотоки имеют крутые уклоны, что способствует быстрому наполнению русел и подъему уровня воды в реках. Кроме того, весь район отличается повышенной влажностью, частыми дождевыми паводками на реках, возможными в течение всего года.

Большую часть территории пока еще составляют покрытые лесом горные склоны. По всей протяженности района весь приморский склон Черного моря подвержен техногенному воздействию – по нему пролегают железные и автомобильные дороги, пересекая все устьевые участки рек, впадающих в Черное море.

Высотная зональность рассматриваемого района способствует тому, что в пределах одного бассейна могут одновременно формироваться селевые потоки различного генезиса, на формирование которых оказывают гидрологические, метеорологические, орографические, геологические, гидрогеологические, фитоценоотические факторы.

Отличительные черты обусловлены горной поясностью и различием степени антропогенного вмешательства и ландшафтов [Дзаганя, 2020].

Требования к методике оценки мультиопасных процессов и явлений

1. Требования к методике оценки селевой опасности (безопасности) территорий можно сформулировать следующим образом:
2. Методика должна быть максимально простой для использования на практике.
3. Методика должна быть универсальной для исследуемого региона и адаптируемой для других условий.



4. Методика должна учитывать наиболее неблагоприятные исторические события, исключая возможность заселения наиболее опасных территорий (например, Кармадонского ущелья после двух трагедий с разницей в 100 лет).

5. Методика должна максимально учитывать формирующие сели факторы и отражать природные и антропогенные (климатические, гидрологические, геоморфологические, орографические, геологические, гидрометеорологические, растительные, почвенные, техногенные) особенности каждой территории.

6. Категориям селевой опасности должны соответствовать количественные значения (диапазоны значений), которые затем могут быть приведены к коэффициенту селевой активности, используемому в нормативной методике по определению характеристик дождевых селей [ВСН 03-76, 1976].

7. Классификация должна содержать оценку антропогенного воздействия, как усиливающего, так и понижающего категорию селевой опасности.

Порядок определения селевой опасности ландшафтным методом

Для определения категории селевой опасности в условиях высотной поясности предлагается использовать универсальный ландшафтный метод, который заключается в реализации шагов согласно приведенному ниже алгоритму.

1. Составляется перечень факторов, характеризующих исследуемую территорию и влияющих на образование селевых потоков. Примерный перечень составлен авторами и приведен в таблице 2. Факторы оцениваются на основании экспертных оценок, нормативных документов, справочников.

Таблица 2. Перечень факторов для определения категории селевой опасности

№	Основные факторы	Факторы формирования селей	Характеристика по степени влияния
I	Природные		
1	Климатические		
1.1	Атмосферные осадки	интенсивность осадков	максимальное суточное количество осадков
		увлажненность	количество дождевых осадков за год
1.2	Температура	таяние ледников, снежников	активность таяния, объем таяния
1.3	Опасные метеорологические процессы	смерч	наличие опасности
2	Гидрологические		
2.1	Паводковый режим	условия формирования паводков	расход воды и скорость подъема уровня, параметры водосборного бассейна
2.2		возможность одновременного половодья и паводка	оценка возможности
2.3	Устойчивость берегов	возможность образования завалов	наличие резких перегибов русла, узостей, завалов, устойчивость берегов
		устойчивость и строение берегов	
2.4	Русловые процессы	признаки селевых процессов в русле скопления рыхлого материала в русле, карчеход	наличие характерных признаков селевых процессов, наличие карчехода
2.5	Наводнения	исторические наводнения, селевые потоки	сведения о событиях, оценка последствий
2.6	Лимнологические	озерность	степень опасности прорывных явлений
		наличие крупных водоемов	



№	Основные факторы	Факторы формирования селей	Характеристика по степени влияния
3	Геоморфологические		
3.1	Рельеф	тип рельефа пересеченность, наличие глубоких эрозионных врезов	наличие условий селеопасности
3.2	Крутизна склонов	уклоны	условия селеопасности
4	Геологические		
4.1	Эндогенные	вулканические	отсутствуют для района исследований
		сейсмические	сейсмичность
4.2.1	Гравитационные	обвалы, осыпи	наличие, распространение
4.2.2		оползни	наличие, распространение
4.2.3		лавины	степень опасности
4.3	Геологическое строение	источники рыхлообломочного материала	наличие селевых очагов
4.4	Гидрогеологические	подтопление	условия переувлажнения
		подземные воды	
5	Биоценотические		
5.1	Почвенные	почвенный покров	задернованность, нарушенность
5.2	Растительные	растительный покров	сообщества, нарушенность
5.3		Залесенность	распространение леса
II	Антропогенные		
6.1	Техногенные	карьеры, отвалы	оценка воздействия
		утечки жидкостей из коммуникаций на склоны	
		хранилища жидких отходов	
		подрезка склонов	
		сброс концентрированного стока	
6.2	Гидротехнические	искусственное сужение и искривление русла	наличие негативного влияния
		недостаточные сечения мостовых переходов	
		нарушение устойчивости русла	
		берегозащитные и противоселевые сооружения	
		дамбы, плотины, водохранилища	
6.3	Экологические	деградация биоценозов из-за техногенного воздействия, болезней и вредителей	оценка распространения и воздействия
		распашка склонов, повреждение почвенного покрова	
		восстановительные агрономелиоративные мероприятия	
6.4.	Управленческие	размещение зданий и сооружений на селеопасных территориях	оценка воздействия
		соответствие застройки и инженерной защиты территории	

2. Значения факторов в различных единицах измерения или качественные оценки каждого фактора по психофизической шкале «желательности безопасности» преобразуются в количественные сравнимые безразмерные частные показатели d_i , значения которых лежат на кривой «функции желательности Харрингтона» и изменяются от 0 до 1 [Адлер, 1976] (таблица 3). Наиболее неблагоприятный недопустимый вариант частного показателя селевой опасности d_i приравняется к значению «0». Значение $d_i = 1$ соответствует наиболее желаемой величине i -го



параметра. Значения $d_i \geq 0,37$ обычно используют в качестве диапазона допустимых значений.

Таблица 3. Дискретная шкала функции «желательности» (степени безопасности)

Характеристика опасности (степени влияния фактора)	Частный показатель d_{ui} , д.ед.
Не воздействует, опасность отсутствует	$d_{ui} = 1,0$
Потенциальная	$0,81 \leq d_{ui} < 0,99$
Низкая	$0,64 \leq d_{ui} < 0,81$
Средняя	$0,51 \leq d_{ui} < 0,63$
Высокая	$0,38 \leq d_{ui} < 0,50$
Чрезвычайная	$0,01 \leq d_{ui} < 0,37$
Катастрофическая	0

3. Выделяются ландшафты, как правило, соответствующие определенным высотным поясам. Производится средневзвешенная оценка селевой опасности бассейна, включающего более одного ландшафта по относительным площадям каждого ландшафта в составе бассейна. Если водосборный бассейн находится в пределах одного ландшафта, полученный обобщенный показатель идентичен селевой опасности ландшафта, в котором он находится. Для каждого ландшафта рассчитывается обобщенный показатель селевой опасности по перечню факторов (таблица 2) и соответствующих градаций частных показателей (таблица 3) по формуле среднего геометрического:

$$D_U = [\prod(d_{Uj})]^{1/N_U} = (d_{U1} \cdot d_{U2} \cdot d_{U3} \dots \cdot d_{Nu})^{1/N_U} \quad (1)$$

где D_u – обобщенный показатель селевой опасности ландшафта; d_u – частные показатели u -го фактора, N_u – количество частных показателей.

Авторами выполнена оценка обобщенных показателей селевой опасности высотно-зональных ландшафтов Сочинского района Западного Кавказа (таблица 4)

Таблица 4. Оценка обобщенных показателей селевой опасности высотно-зональных ландшафтов Сочинского района Западного Кавказа

Высоты, м	Ландшафт	Характеристика	Обобщенный показатель селевой опасности
2400–3500	Гляциально-нивальный пояс	Высокогорный рельеф. Растительность отсутствует, весь год имеются ледники и снежники. Истоки водотоков	0,55
2000–2400	Субнивальный пояс	Высокогорный рельеф. Растительность представлена мхами и лишайниками с единичными экземплярами сосудистых растений. Истоки водотоков	0,50
1800–2000	Альпийские луга	Климат суровый, с длинным периодом существования снежного покрова, который фрагментарно сохраняется до конца августа. Истоки и верхнее течение водотоков	0,64
1600–1800	Субальпийские криволесья и кустарники. Речные долины верхнего пояса	Крутые, часто скалистые склоны, троговые долины, днища и склоны цирков, «бараньи лбы», морены, долгоснежные участки. Растительность представлена субальпийским криволесьем, вечнозелеными кустарниками, субальпийскими лугами. Каменистые русла водопадного типа	0,65



Высоты, м	Ландшафт	Характеристика	Обобщенный показатель селевой опасности
1100–1600	Среднегорно-лесные ландшафты, речные долины среднего пояса	Среднегорный рельеф с крутой и средней крутизны склонами, большее увлажнение в связи с более низкими летними температурами. В этих условиях преобладают буково-пихтовые леса	0,76
350–1100	Нижнегорно-лесные ландшафты, долины крупных рек	Склоны средней крутизны с глубокими речными ущельями и труднопроходимыми каньонами. В условиях умеренно континентального климата формируются каштановые и смешанные широколиственные леса с хорошо выраженным подлеском из листопадных кустарников и папоротников.	0,79
50–350	Нижний предгорный ландшафт	Склоны средней крутизны, пересеченный рельеф. Сосновые леса, дубовые и смешанные широколиственные леса (колхидские) с подлеском из вечнозеленых кустарников и лиан. Разреженные сообщества пойм с галечниковыми и песчаными островами. Заросли кустарников в широких долинах с фрагментами лугов и древесно-кустарниковой растительности	0,83
0–50	Приморские склоны	Уклоны различные, от равнинных террас до обрывистых склонов. Фрагменты болот и заболоченных лугов колхидского типа, окаймлены песчано-галечными пляжами	0,82
0–3500	Интразональный пояс	Впадины, ложбины стока, долины временных и постоянных водотоков	0,37
0–1100	Нарушенные и антропогенно измененные ландшафты без застройки	Поврежденная растительность и почвенный покров	0,73
5–1100	Сельский	Низкоплотная жилая застройка, фермы, пасеки с преобладанием незастроенных участков с садами, чайными плантациями, лесным хозяйством, пастбищами	0,78
0–600	Городской	Плотно застроенная городская территория, степень озеленения низкая	0,72
0–1800	Рекреационный в лесной зоне	Гостиницы, лыжные трассы, канатные дороги, горные подъездные дороги и тропы, инфраструктура, фрагменты лесов с вырубками	0,71
1801–3000	Рекреационный в альпийской зоне		0,49
0–2000	Производственный	Карьеры, отвалы, свалки, хранилища жидких отходов, линейные объекты, дороги	0,54

4. Комплексная категория селевой опасности территории из бассейна или нескольких бассейнов производится с учетом площади каждого ландшафта в границах исследуемой территории:

$$K = (C_1 \cdot D_{U1} + C_2 \cdot D_{U2} + \dots + C_n \cdot D_{Un}) / \sum_1^n C_i \quad (2)$$



где K – комплексный суммарный показатель селевой опасности в границах изучаемой территории; S_1 – площадь отдельного бассейна территории, D_{Un} – обобщенный показатель селевой опасности.

Анализ

Категория селевой опасности может быть определена по ряду критериев с помощью балльной системы частных показателей, основанных на анализе объективной информации из научной, нормативной и справочной литературы и сведений об аварийных ситуациях.

Обобщенный показатель категории селевой опасности определяется для каждого ландшафта, как устоявшегося природного комплекса. Этот параметр приводится к коэффициенту селевой активности как разность единицы и показателя селевой опасности.

Для бассейна реки Мзымта (самая крупная река на Черноморском побережье Краснодарского края, охватывающая все ландшафты, площадь водосборного бассейна 885 км²) авторами получена комплексная категория селевой опасности $K = 0,72$ (низкая).

Для бассейна селеопасного водотока река Сулимовская, левого притока реки Мзымта с площадью водосборного бассейна 7 км² селевая опасность оценивается показателем $K = 0,45$ (высокая), что обусловлено тем, что значительную часть бассейна занимает селеопасный интразональный ландшафтный пояс (глубоко врезанное ущелье водотока). Высокая селевая опасность прогнозируется в верховьях рек в условиях нивального и субнивального ландшафтов, а также в бассейнах, большую часть которых занимает интразональный русловой пояс.

Выводы

Предлагаемый ландшафтный метод простой, универсальный, применимый для территорий различных размеров. Он позволяет дать объективную комплексную оценку селевой опасности, основываясь на знаниях о ландшафтах исследуемого региона, включающих климатические, гидрологические, геоморфологические, орографические, геологические, гидрометеорологические, растительные, почвенные, техногенные и антропогенные условия территории. В значительной степени качество оценки зависит от исходного перечня частных показателей (факторов) и адекватности их оценки. Точность определения селевой опасности выше для малых бассейнов.

Для совершенствования методики желательно ее апробировать для различных селеопасных регионов и подобрать наиболее весомые факторы (частные показатели), учитывающие сведения об уже имевших селевых событиях. Полученные количественные оценки селевой опасности могут быть использованы при принятии управленческих решений и уточнения показателя селевой активности при расчетах параметров селей.

Благодарности

Авторы благодарят руководство компании ООО «ГК «Инжзащита» за содействие и предоставленную возможность выполнения исследований.

Список литературы

- Адлер Ю.А., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1976. — 280 с.
Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Российской Федерации / Под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2010. 696 с.
EDN: VHKUNT.



- ВСН 03-76 Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей / Ред. А.И. Чеботарев, И.И. Херхеулидзе, Б.И. Серпик: Л.: Гидрометеиздат, 1976.
- Дзаганя Л.М. Применение лесомелиорации для селезащиты на Черноморском побережье Западного Кавказа // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита Труды 6-й Международной конференции, Душанбе–Хорог, Таджикистан, 20–26 сентября 2021 года / Отв. редакторы С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. Том 1. – Душанбе–Хорог, Таджикистан: Общество с ограниченной ответственностью «Промоушн», 2020. – С. 405–417. – EDN JKEEUX.
- Кадастр селевой опасности Юга Европейской части России / ВГИ, отв. ред. Кондратьева Н.В. М.: ООО «Феория», 2015.
- Паспорт гидрометеорологической безопасности Краснодарского края, ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», Обнинск, 2017. 117 с.
- СП 479.1325800.2019 Инженерные изыскания для строительства в районах развития селевых процессов / ООО "ИГИИС" рук. М.И. Богданов, С.А. Гурова, исполнители – Г.Р. Болгова, Г.В. Мисник, М.Н. Цымбал, И.Л. Кривенцова; МГУ им. М.В. Ломоносова, отв. С.А. Сократов, исполнители: В.Ф. Перов, С.С. Черноморец, А.Л. Шныпарков, Е.А. Савернюк, П.Б. Гребенников. – М.: Стандартинформ, 2020.
- СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий / ООО "ИГИИС", авт. коллектив М.И. Богданов – руководитель темы, Г.Р. Болгова, С.А. Гурова, Н.П. Ивлева, И.Д. Колесников, Н.Г. Корнева, Е.В. Леденева, канд. геол.-минерал. наук М.С. Наумов. М.: Стандартинформ, 2018.