



DOI: 10.15593/2224-9826/2019.4.10

УДК 625.042

## **ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕВОГО РИСКА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**

**С.И. Маций, Л.А. Сухляева**

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

### **О СТАТЬЕ**

Получена: 08 июня 2019

Принята: 01 октября 2019

Опубликована: 10 января 2020

#### *Ключевые слова:*

селевой риск, селевые потоки, защита дорог от селей, оценка риска, сель, инженерная защита, мониторинг, полуколичественная оценка риска, автомобильные дороги, геотехнический риск.

### **АННОТАЦИЯ**

Полуколичественная методика определения категории селевого риска транспортных сооружений предназначена для выявления потенциально селеопасных участков дорог и оценки последствий селевого воздействия. Результаты, полученные с применением данной методики, могут быть использованы для обоснования очередности выполнения ремонта или строительства сооружений инженерной защиты, средств мониторинга и оповещения об опасности.

Натурные обследования селеопасных русел Черноморского побережья Краснодарского края и расчет параметров потоков позволяют ранжировать факторы селеобразования относительно друг друга. В соответствии с интенсивностью проявления и оказываемым воздействием на дорогу каждому фактору присвоены баллы. Взаимовлияние отдельных условий определяется путем интеграции. Интегрирование осуществляется комбинированным способом, включающим суммирование и перемножение. Основными критериями формирования селевого потока служат: крутизна склонов и русел водосбора, количество продуктов разрушенных горных пород (степень развития процессов эрозии; наличие, величина и расположение участков с большим запасами рыхлообломочного материала), источники питания водной составляющей селя, высотное расположение участка, геологическое строение, растительный покров, интенсивность процессов эрозии и выветривания; информация о селевых сходах (повторяемость, объем выносов). Также большую роль в оценке риска играет техническое состояние противоселевых и иных сооружений инженерной защиты. Из-за накапливающихся со временем повреждений происходит снижение прочности и устойчивости, повышается вероятность разрушения конструкции. Вовлечение в поток ранее задержанных наносов и частей самой конструкции приводит к образованию прорывной волны, значительному возрастанию характеристик селевого потока и увеличению наносимого ущерба.

© ПНИПУ

© **Маций Сергей Иосифович** – доктор технических наук, профессор, e-mail: matsiy@mail.ru.

**Сухляева Любовь Александровна** – аспирант, e-mail: l8800019@yandex.ru.

**Sergei I. Matsiy** – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: matsiy@mail.ru.

**Lubov A. Sukhlyayeva** – Postgraduate Student, e-mail: l8800019@yandex.ru.

## SEMI-QUANTITATIVE ASSESSMENT OF DEBRIS FLOW RISKS ON HIGHWAYS

S.I. Matsiy, L.A. Sukhlyayeva

Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

### ARTICLE INFO

Received: 08 June 2019  
Accepted: 01 October 2019  
Published: 10 January 2020

#### Keywords:

debris flow risk, debris flows, debris flow protection of roads, risk assessment, mudflow, engineering protection, monitoring, semi-quantitative risk assessment, highways, geotechnical risk.

### ABSTRACT

Semi-quantitative methodology for determining the category of debris flow risks of transport infrastructure facilities is designed to detect potential debris flow vulnerable parts of highways and to assess the effects of debris flows. The results obtained through this methodology can be used to justify the sequence of repair works or the construction of means of engineering protection, monitoring measures and alert system.

The technical expertise of debris flow vulnerable tracks on the Black Sea coast of the Krasnodar Territory and the calculation of flow parameters allow ranking of the formation factors in relation to each other. Each factor is awarded points in accordance with the display intensity and the impact on the road. The mutual influence of individual factors is determined by integration which is performed by combination of summation and multiplication. The main criteria of a debris flow formation are: steepness of slopes and riverbeds of watersheds, the amount of destroyed rocks elements (erosion process development degree; presence, amount and location of segments with large reserves of deposited drift), sources of the water component of flows, heights of the area, geological structure, plant cover, erosion and weathering processes intensity; information about previous mudflows (frequency of occurrence, volume of removals).

The technical state of anti-mudflow and engineering protection building structures also plays an essential role in the risk assessment. Due to some damage accumulated over time there is decrease in strength and stability, the possibility of construction destruction increases. The previous sediments and the construction parts involvement creates a breakthrough wave, a significant increase in the mudflow and therefore the damage.

© PNRPU

В горных районах эксплуатация дорог осложняется риском воздействия таких опасных природно-техногенных явлений, как селявые потоки. Сход селя на автомобильные дороги приводит к нарушению движения транспорта, авариям (рис. 1) [1–4], в редких случаях – к травматизму и гибели людей.



Рис. 1. Последствия схода селей на автомобильную дорогу  
Fig. 1. Consequences of mudflows on a motorway

Для определения степени селевого риска применяют качественные, количественные и полуколичественные методы [5–8]. Качественные методы оптимальны в малоизученных условиях, когда с экономической точки зрения нет возможности выполнить инженерно-геологические изыскания. Однако качественные методы дают поверхностные результаты и сильно зависят от опыта и квалификации специалистов. Методы количественной оценки обладают высокой точностью, но целесообразны, когда есть весь объем исходных данных для вычислений, например при разработке проектной документации. Полуколичественные методы сочетают высокую достоверность результатов с минимальными временными затратами на обследование [9]. Согласно ОДМ 218.2.030–2013 этот тип оценки риска основан на методе анализа иерархий и заключается в переходе от количественных и качественных характеристик природных и технических условий к балльным оценкам. На данный момент в области оценки селевого риска полуколичественные методы разработаны слабо.

### Сбор и анализ данных о селевых процессах

Анализ информации о селевых процессах рекомендуется выполнять следующим образом:

- определение области наблюдений, выявление основных селеобразующих факторов и интенсивности их проявления, прогноз активации селевых процессов;
- анализ последствий развития селевых процессов для транспортных сооружений, определение уязвимости и возможного ущерба;
- разработка рекомендаций по защите селеопасных участков (мелиоративные мероприятия, возведение защитных сооружений и т.п.), а также определение приоритетности работ.

Идентификацию селеопасных участков выполняют по материалам архивных данных. Нынешнее состояние уточняется в ходе визуального обследования техноприродных условий территории. Результаты обследования участка автомобильной дороги следует фиксировать в акте (табл. 1).

Таблица 1

Форма акта обследования селеопасного участка дороги

Table 1

#### Physical and mechanical properties of soils

№ п/п	Название данных	Описание
1	Ф.И.О. и должность сотрудника	
2	Дата обследования	
3	Погодные условия на момент обследования	
4	Наименование обследуемой дороги	
5	Расположение участка по ходу километража	
6	Ближайший населенный пункт	
7	Категория дороги	
8	Количество полос движения	
9	Здания и сооружения, попадающие в зону влияния	
10	Контакты организации, осуществляющей эксплуатацию	
11	Контакты местных жителей	
Основные характеристики водосбора		
12	Расположение склона относительно оси дороги	
13	Растительный покров (подчеркнуть нужное)	залесен и задернован / задернован / имеются единичные деревья / слабо задернован / отсутствует

Окончание табл. 1

№ п/п	Название данных	Описание
14	Уклон склонов водосбора	
15	Тип водотока (подчеркнуть нужное)	постоянный/временный
16	Уклон русла водотока	
17	Длина водотока до места пересечения с дорогой	
18	Ширина водотока на участке подхода к дороге	
19	Интенсивность проявления процессов эрозии и выветривания (подчеркнуть нужное)	процессы эрозии и выветривания развиты слабо / более интенсивно / интенсивно, массовый выход коренных пород / очень интенсивно, наличие оползней, подмывов берегов, обвалов
20	Другие особенности рельефа	
Селевые процессы		
21	Причины возникновения (подчеркнуть нужное)	дожди/снеготаяние/ледники/иное (указать что)
22	Тип (подчеркнуть нужное)	водакаменные/грязекаменные/грязевые
23	Очаги зарождения	
24	Примерный объем выносов, тыс. м <sup>3</sup>	
25	Разрушения, принесенные сошедшими селями	
Сооружения инженерной защиты		
26	Тип сооружения	
27	Назначение	
28	Год постройки	
29	Материал сооружения	
30	Основные размеры	
31	Техническое состояние	
Выводы и рекомендации		
32	Предварительные выводы	
33	Предварительные рекомендации	
34	Фотоприложения	
35	Примечания	

По результатам обследования всей трассы или ее части полученные данные систематизируются. На основании полученных данных устанавливают ориентировочные объемы селей и степень воздействия на дорогу, проводят оценку технического состояния защитных сооружений по внешним признакам.

Для установления пригодности противоселевого сооружения к эксплуатации, а также сроков и объемов ремонтных работ определяют его техническое состояние. В соответствии с [10], исходя из величины и характера дефектов, сооружение относят к одной из четырех категорий: исправное, работоспособное, ограниченно работоспособное или аварийное. Категория технического состояния в дальнейшем может уточняться на основе данных инструментального обследования и результатов поверочных расчетов.

Затем по разработанной и приведенной ниже методике выполняют оценку селевого риска. При этом следует придерживаться следующих рекомендаций:

- величины коэффициентов предрасположенности к селеобразованию  $H_i$  и ущерба  $D_i$  не являются строго фиксированными. При соответствующем обосновании могут быть изменены в большую или меньшую сторону;

- степень воздействия эрозии и выветривания  $H_4$  оценивается с точки зрения влияния их на подготовку селевого процесса. Так, участок с присутствием следов выветривания

в отдаленной части от русла оказывает гораздо меньшее влияние, чем расположенный в непосредственной близости;

– при оценке вероятности воздействия селя на автомобильную дорогу  $A$  (в случае, когда выполнено несколько сооружений, влияющих на степень селеактивности русла) при соответствующем обосновании допускается принимать не самый худший результат.

### Метод полуколичественной оценки селевого риска

Предлагаемый полуколичественный метод основан на взаимосвязи степени проявления факторов селеобразования и возможных последствиях. Для количественной оценки каждому фактору селеобразования, характеризуемому в качественных показателях, присвоены безразмерные баллы, исходя из интенсивности проявления и степени влияния на процесс формирования селя. Взаимовлияние отдельных селеобразующих условий определяется комбинированным способом, включающим суммирование и перемножение. Категория селевого риска  $R_c$  выражается через произведение показателя величины ущерба и вероятности воздействия селя на дорогу

$$R_c = P \cdot C, \quad (1)$$

где  $P$  – вероятность воздействия селя на дорогу;  $C$  – показатель величины ущерба.

Вероятность воздействия селя определяется как

$$P = H \cdot A, \quad (2)$$

где  $H$  – суммарный показатель предрасположенности к возникновению селевого потока;  $A$  – коэффициент, характеризующий вероятность воздействия селя на автомобильную дорогу.

Суммарный показатель, характеризующий селеопасность водосбора  $H$ , учитывает частные инженерно-геологические особенности:

$$H = \sum H_n \cdot t, \quad (3)$$

где  $H_n$  – фактор селеобразования (см. табл. 1);  $t$  – коэффициент значимости фактора селеобразования (табл. 2).

Основными критериями формирования селевого потока являются [11–15]: крутизна склонов и русел водосбора, количество продуктов разрушенных горных пород (степень развития процессов эрозии; наличие, величина и расположение участков с большим запасами рыхлообломочного материала), источники питания водной составляющей селя, высотное расположение участка, геологическое строение, растительный покров, интенсивность процессов эрозии и выветривания т.д. Также необходимо учитывать информацию о уже случившихся селевых сходах – повторяемость селевых потоков и объем выносов.

По результатам натурных обследований селеопасных участков Черноморского побережья Краснодарского края и серий расчетов параметров селевых потоков были выявлены факторы, оказывающие влияние на селевой риск. Совокупность полученных данных позволила присвоить баллы каждому из показателей, с учетом интенсивности проявления и степени воздействия на селеопасный участок дороги (табл. 2).

Таблица 2

Критерии селеопасности

Table 2

Mudflow criteria

Обозначение	Фактор	Характеристика фактора	Оценочный балл	Степень влияния
$H_1H_1$	Крутизна склонов водосбора	а) пологие, от 5 до 15° б) средней крутизны, от 15 до 30° в) крутые, свыше 30°	1 2 3	0,2
$H_2$	Крутизна русел водосбора	а) пологие, до 5° б) средние, от 5 до 15° в) крутые, свыше 15°	0 2 4	0,3
$H_3$	Источники питания водной составляющей	а) сезонное снеготаяние и затяжные дожди б) ливневые осадки высокой интенсивности в) таяние ледников	2 3 5	0,1
$H_4$	Степень развития процессов эрозии и выветривания	а) слабо б) интенсивно в) очень интенсивно – наличие оползней, подмывов берегов, обвалов	0 2 3	0,3
$H_5$	Объем рыхлообломочного материала, участвующий в селеобразовании	а) до 5000 м <sup>3</sup> с км <sup>2</sup> б) от 5000 до 10 000 м <sup>3</sup> с км <sup>2</sup> в) от 10 000 до 20 000 м <sup>3</sup> с км <sup>2</sup>	2 3 4	0,2
$H_6$	Растительность	а) задернован и залесен б) задернован, единичные деревья в) частично задернован г) отсутствие растительности	0 1 2 3	0,3
$H_7$	Высотное расположение водосбора	а) предгорное (менее 1500 м) б) среднегорное (1500–2500) в) высокогорное (более 2500)	1 2 4	0,2
$H_8$	Повторяемость селей	а) очень редкие (1 раз в более чем 15 лет) б) редко (1 раз в 10 лет) в) часто (1 раз в 2–3 года)	1 2 4	0,3
$H_9$	Объем единовременных селевых выносов	а) до 10 тыс. м <sup>3</sup> б) 10–100 тыс. м <sup>3</sup> в) 100 тыс. м <sup>3</sup> и более	1 3 5	0,3
$H_{10}$	Тип селевых очагов	а) эродированные бассейны б) рассредоточенные очаги селеобразования и/или рытвины г) врезы	1 2 5	0,3

Техническое состояние противоселевых и иных сооружений инженерной защиты на участке играет важную роль в оценке селевого риска. Под воздействием времени и внешней агрессивной среды работоспособность постепенно ухудшается (коррозия металлических и растрескивание бетонных конструкций, заиливание и т.п.). Со временем из-за накапливающихся повреждений запаса прочности и устойчивости сооружений становится недостаточно для эффективной работы. Возрастает вероятность разрушения всей конструкции и, как следствие, происходит превышение расчетных параметров селя (вовлечение ранее задержанных материалов и самой конструкции в поток, образование прорывного вала). Раз-

рушение противоселевых конструкций, особенно селезадерживающих, приводит к значительному возрастанию характеристик селевого потока, и как следствие, вероятности и степени воздействия селя на защищаемый объект. В табл. 3 приведены значения коэффициента, который позволяет учесть степень возможного селевого воздействия на автомобильную дорогу. При наличии нескольких сооружений инженерной защиты, влияющих на селевые процессы, следует выполнить оценку каждого и принять наибольший коэффициент.

Таблица 3

Зависимость величины ущерба от состояния защитных сооружений

Table 3

Dependence of damage on the state of protective structures

Обозначение	Фактор	Характеристика фактора	Значимость
A	Техническое состояние противоселевых конструкций	а) исправное	0,02
		б) работоспособное	0,03
		в) ограниченно работоспособное	0,05
		г) аварийное	0,09
		д) отсутствует	0,1

Величина возможного ущерба зависит от значимости защищаемой автомобильной дороги. Показатель величины ущерба  $C$  определяется суммой частных коэффициентов (табл. 4), учитывающих экономические и социальные последствия возможного селевого воздействия:

$$C = D_1 + D_2 + \dots + D_n, \quad (4)$$

где  $D_n$  – частный коэффициент величины ущерба.

Таблица 4

Критерии величины ущерба

Table 4

Level of damage criteria

Обозначение	Фактор	Характеристика фактора	Оценочный балл
$D_1$	Значимость автомобильной дороги	а) местная	1
		б) межмуниципальная	2
		в) региональная	3
		г) федеральная	4
		д) международная	5
$D_2$	Протяженность участка, подверженного селевому воздействию	а) до 30 м п.	2
		б) 30–100 м п.	3
		в) 100 и более м п.	4
$D_3$	Степень воздействия потока	а) отсутствует	0
		б) небольшие размывы у опор мостов, частичная забивка отверстий водопропускных сооружений	1
		в) сильные размывы, полная забивка отверстий; повреждение и снос безфундаментных строений	3
		г) снос мостовых ферм, разрушение устоев мостов, дорог, каменных строений	4
		д) разрушение участков дорог вместе с полотном и сооружениями, погребение сооружений под наносами	5

Окончание табл. 4

Обозначение	Фактор	Характеристика фактора	Оценочный балл
$D_4$	Прилегающая инфраструктура	а) отсутствует	0
		б) инженерные коммуникации	2
		в) объекты сервиса	5
$D_5$	Интенсивность движения	а) $\geq 14\ 000$	5
		б) $\geq 6000$	4
		в) 2000–6000	3
		г) 200–2000	2
		д) $< 200$	1

Категории селевого риска присваиваются в соответствии с количеством баллов, определенных по формуле (1):

- категория  $R_1$  ( $\geq 16,4$  баллов);
- категория  $R_2$  (11,8–16,3 баллов);
- категория  $R_3$  (7,2–11,7 баллов);
- категория  $R_4$  (2,6–7,1 баллов);
- категория  $R_5$  ( $\leq 2,5$  баллов).

Интерпретация полученных результатов приведена в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика категорий селевого риска

Table 5

Characteristics of mudflow risk categories

Категория селевого риска	Качественная оценка селевого риска	Описание
$R_1$	Очень высокий	Полное разрушение объекта инфраструктуры и/или невозможные утраты – гибель людей, разрушение экосистемы и т.д.
$R_2$	Высокий	Высокая вероятность значительного ущерба для объектов транспортных сооружений и/или причинение вреда здоровью людей
$R_3$	Средний	Может повлечь серьезный ущерб, приводит к снижению эффективности функционирования объекта. Создает малую угрозу жизни и здоровью людей
$R_4$	Низкий	С низкой вероятностью и на короткий срок повлечет снижение эффективности функционирования объектов транспортной системы. Создает малую угрозу здоровью людей
$R_5$	Очень низкий	С низкой вероятностью повлечет незначительное снижение эффективности функционирования объектов транспортной системы. Не представляет угрозу жизни и здоровью людей

Результаты, полученные с помощью полуколичественной методики оценки селевого риска, позволяют:

- выявить потенциально опасные участки;
- проинформировать о потенциальной угрозе и своевременно обеспечить безопасную эксплуатацию селеопасных участков автомобильных дорог;
- определить приоритет селеопасных участков дорог по ремонту или строительству сооружений инженерной защиты.

## Заключение

По результатам оценки все селеопасные участки подразделяют на пять категорий риска. Участки категорий  $R_1$  и  $R_2$  находятся в сложных инженерно-геологических условиях, и результаты обследования свидетельствуют об активном накоплении твердой составляющей, которая при первом интенсивном ливне послужит «материалом» для мощного селевого потока. Эксплуатация дороги на данных участках должна быть ограничена во время проливных дождей. Требуется срочное проведение мелиоративных мероприятий, а также строительство селепредотвращающих, селезадерживающих, селепропускных, селенаправляющих или других видов защитных сооружений в зависимости от ситуации и экономических соображений. На участках категории  $R_3$  рекомендуется устройство селезадерживающих и селестабилизирующих сооружений, таких как каскады противоселевых барьеров, котлованы-наносоулавители, боковые наносодерживающие площадки.

Для категорий  $R_4$  и  $R_5$  мероприятия направлены на предотвращение развития селеобразующих факторов. На участках категории  $R_4$  рекомендуется проведение мелиоративно-технических мероприятий, включающих устройство террас с водоотводящими и стокопоглощающими кюветами, устройство подпорных стен в местах оползней и облицовывающих панелей на подрезаемых бортах русла, а также применение запруд-барражей. Для категории  $R_5$  вероятность ущерба от селевых явлений минимальна, требуются только агролесомелиоративные мероприятия, такие как террасирование и облесение склонов.

## Библиографический список

1. Фотоматериалы, 2017: сайт. – URL: <http://www.tvc.ru/news/show/id/122860#278460> (дата обращения: 11.10.2017).
2. Фотоматериалы, 2013: сайт. – URL: <http://www.sochi-express.ru/sochi/news/sochi/13961> (дата обращения: 11.10.2016).
3. Фотоматериалы, 2017: сайт. – URL: <https://www.yuga.ru/news/332403/> (дата обращения: 08.09.2017).
4. Фотоматериалы, 2017: сайт. – URL: <http://old.kubantv.ru/proisshestvija/v-gorax-sochi-spasateli-evakuiruyut-zablokirovannyh-soshedshim-selem-turistov/> (дата обращения: 08.09.2017).
5. Безуглова Е.В., Маций С.И., Плешаков Д.В. Опасность, риск и управление риском: определения и суть // ГеоРиск. – 2011. – № 3. – С. 26–31.
6. Безуглова Е.В., Маций С.И., Подтелков В.В. Оползневой риск транспортных природно-технических систем: монография. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 239 с.
7. Einstein Herbert H., Karam Karim S. Risk assessment and uncertainties // International conference on “Landslides – Causes, Impacts and Countermeasures”. – Davos, Switzerland, 2001. – P. 457–488.
8. Lin P.-S., Lee J.-H. Risk assessment of potential debris flows in the watershed of the Chen-Yu-Lan River. Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection // Proceedings of the International Conference. – Pyatigorsk, 2008. – P. 62–65.
9. Любарский Н.Н. Полуколичественная оценка риска оползневых склонов автомобильных дорог в Краснодарском крае: дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2011. – 147 с.

10. Методические рекомендации по оценке рисков на железнодорожной инфраструктуре ОАО «РЖД». – М., 2011.

11. Зеркаль О.В. Методика картирования селевой опасности и региональной количественной оценки геориска (на примере средней части долины Р. Яхсу (Таджикистан)) // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: материалы 5-й Междунар. конф., Тбилиси, Грузия, 2018 г. – Тбилиси, 2018. – С. 109–112.

12. О методике оценки ущерба от воздействия селей / А.Х. Маркосян, О.В. Токмаджан, В.Г. Айрапетян, Г.А. Иванян // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: материалы 5-й Междунар. конф., Тбилиси, Грузия, 2018 г. – Тбилиси, 2018. – С. 476–482.

13. Маций С.И., Безуглова Е.В. Управление оползневый риском. – Краснодар: АлВи-дизайн, 2010. – 239 с.

14. Музыченко А.А., Казакова Е.Н. Ущерб от селевых потоков для малых водохранилищ о. Сахалин и расчет селевого риска // ГеоРиск. – 2014. – № 3. – С. 32–36.

15. Рыбченко А.А., Кадетова А.В., Козырева Е.А. Особенности формирования селей и селевая опасность Тункских гольцов (Республика Бурятия, Россия) // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: материалы 5-й Междунар. конф., Тбилиси, Грузия, 2018 г. – Тбилиси, 2018. – С. 550–558.

## References

1. Photo, 2017, available at: <http://www.tvc.ru/news/show/id/122860#278460> (accessed 11 October 2017).

2. Photo, 2013, available at: <http://www.sochi-express.ru/sochi/news/sochi/13961> (11 October 2017).

3. Photo, 2017, available at: <https://www.yuga.ru/news/332403/> (accessed 08 September 2017).

4. Photo, 2017, available at: <http://old.kubantv.ru/proisshestvija/v-gorax-sochi-spasateli-evakuiruyut-zablokirovannyx-soshedshim-selem-turistov/> (accessed 08 September 2017).

5. Bezuglova E.V., Macij S.I., Pleshakov D.V. Opasnost', risk i upravlenie riskom: opredeleniya i sut' [Hazard, risk and risk management: definitions and essence]. *GeoRisk*, 2011, no. 3, pp. 26–31.

6. Bezuglova E.V., Macij S.I., Podtelkov V.V. Opolznejvoj risk transportnyh prirodno-tekhnicheskikh system: monografiya [Landslide risk of transport natural-technical systems: monograph]. Krasnodar, KubGAU, 2015, 239 p.

7. Einstein Herbert H., Karam Karim S. Risk assessment and uncertainties. *International conference on «Landslides – Causes, Impacts and Countermeasures»*. Davos, Switzerland, 2001, pp. 457–488.

8. Lin P.-S., Lee J.-H. Risk assessment of potential debris flows in the watershed of the Chen-Yu-Lan River. Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. *Proceedings of the International Conference*. Pyatigorsk, 2008, pp. 62–65.

9. Lyubarskij N.N. Polukolichestvennaya ocenka riska opolznevnyh sklonov avtomobil'nyh dorog v Krasnodarskom krae [Semi-quantitative risk assessment of landslide slopes of roads in the Krasnodar Territory]. Ph.D. thesis. Krasnodar, 2011, 147 p.

10. Metodicheskie rekomendacii po ocenke riskov na zheleznodorozhnoj infrastrukture OAO «RZHD» [Methodical recommendations on risk assessment at the railway infrastructure of JSC “Russian Railways”], Moscow, 2011.

11. Zerkal' O.V. Metodika kartirovaniya selevoj opasnosti i regional'noj kolichestvennoj ochenki georiska (na primere srednej chasti doliny R. YAhsu (Tadzhikistan)) [Methods of mapping mudflow danger and regional quantitative assessment georisk (for example, the middle part of the valley R. Yakhsu (Tajikistan))]. *Mezhdunarodnoj konferencii «Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita»*, Tbilisi, Gruzija, 2018, pp. 109–112.

12. Markosyan A.H. O metodike ochenki ushcherba ot vozdejstviya selej [On the method of assessing damage from the effects of mudflows]. Debris flows: disasters, risk, forecast, protection, *Proceedings of V International conference*, Tbilisi, Georgia, 2018, pp. 476–482.

13. Macij S.I. Upravlenie opolznevym riskom [Landslide risk management]. Krasnodar, AIVi-dizajn, 2010, 239 p.

14. Muzychenko A.A. Ushcherby ot selevyh potokov dlya malyh vodohranilishch o. Sahalin i raschet selevogo riska [Damages from mudflows for small reservoirs on. Sakhalin and mudflow risk calculation]. *GeoRisk*, 2014, no. 3, pp. 32–36.

15. Rybchenko A.A. Osobennosti formirovaniya selej i selevaya opasnost' Tunkskih gol'cov (Respublika Buryatiya, Rossiya) [Peculiarities of the formation of mudflows and mudflow danger of the Tunksky chars (Republic of Buryatia, Russia)]. Debris flows: disasters, risk, forecast, protection. *Proceedings of V International conference*, Tbilisi, Georgia, 2018, pp. 550–558.