



Селевая опасность для транспортных коммуникаций территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

А.Л. Шныпарков, А.С. Турчанинова, Т.И. Хисматуллин, С.А. Сократов

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,
Россия, malyn2006@yandex.ru, alla_wave87@mail.ru, timkhism@gmail.com,
sokratov@geogr.msu.ru*

Аннотация. Оценка опасности селевых потоков на середину XXI века для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока выполнялась с учётом изменения климатических условий. Для расчёта изменений климатических параметров и связанных с ними показателей условий образования селевых потоков (продолжительность селеопасного периода, количество осадков) применён ансамбль моделей глобального изменения климата CMIP5 сценария RCP 8.5 МГЭИК (IPCC). Исходя из полученного изменения смоделированной продолжительности селеопасного периода и повторяемости селевых потоков сделан вывод об уменьшении степени селевой опасности практически во всех муниципальных образованиях Восточной Сибири и Дальнего Востока к середине XXI века, в случае выполнения такого сценария изменения климата. Анализ полученных результатов показывает, что в середине XXI века высокая степень селевой опасности для транспортных коммуникаций будет отмечаться только в трёх субъектах: Приморском, Хабаровском краях и Сахалинской области. Районы со средней степенью селевой опасности будут занимать территории на севере Хабаровского края, юге Магаданской области, а также в средней и южной частях Сахалинской области. Остальные селеопасные районы на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века будут характеризоваться низкой степенью селевой опасности для транспортных коммуникаций.

Ключевые слова: *Восточная Сибирь и Дальний Восток, селевая опасность, транспортные коммуникации, середина XXI века*

Ссылка для цитирования: Шныпарков А.Л., Турчанинова А.С., Хисматуллин Т.И., Сократов С.А. Селевая опасность для транспортных коммуникаций территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, с. 49–59.

Debris flow hazard for the transportation network in the Eastern Siberia and the Russian Far East

A.L. Shnyparkov, A.S. Turchaninova, T.I. Khismatullin, S.A. Sokratov

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, malyn2006@yandex.ru,
alla_wave87@mail.ru, timkhism@gmail.com, sokratov@geogr.msu.ru*

Abstract. Assessment of the debris flow hazard in the middle of the XXI century for transportation network in the municipalities of Eastern Siberia and the Russian Far East was carried out taking into account changes in climatic conditions. The ensemble of global climate change models CMIP5 of the IPCC RCP 8.5 scenario was used to calculate changes in the climate parameters and related indicators of debris flows conditions (the duration of debris flow hazard period, amount of precipitation). Based on the modeled changes in duration of debris flow hazard period and return period of debris flows, it is concluded that the degree of debris flow hazard will decrease in almost all the municipalities in the Eastern Siberia and the Russian Far East by the middle of the XXI

century, if such a scenario of climate change would be fulfilled. The analysis of the obtained results shows that to the middle of the XXI century, high degree of debris flow hazard for transportation network will be observed only in three subjects: Primorsky Krai, Khabarovsk Krai and Sakhalin Oblast. Territories with average degree of debris flow hazard correspond to the north of Khabarovsk Krai, south of the Magadan Oblast and the central and southern parts of Sakhalin Oblast. The other territories with debris flow hazard in the Eastern Siberia and the Russian Far East to the middle of XXI century will be characterized by low degree of hazard for transportation network.

Key words: *Eastern Siberia and the Russian Far East, debris flow hazard, transportation network, mid-XXI century*

Cite this article: Shnyparkov A.L., Turchaninova A.S., Khismatullin T.I., Sokratov S.A. Debris flow hazard for the transportation network in the Eastern Siberia and the Russian Far East. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: “Promotion” LLC, 2020, p. 49–59.

Введение

В настоящее время сеть транспортных коммуникаций довольно слабо развита на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока (рис. 1). При существовании нескольких федеральных и региональных автомобильных дорог, Транссиба и БАМа основное значение имеют автомобильные дороги местного значения. При развитии экономики Восточной Сибири и Дальнего Востока возникает необходимость развития транспортных коммуникаций между субъектами Российской Федерации. Сложные орографические, климатические, гидрологические условия, а также развитие многолетнемерзлых пород приводят к значительному удорожанию строительства, эксплуатации транспортных сетей на данной территории, возникновению чрезвычайных ситуаций и ущерба от них. Учёт влияния опасных природных процессов на современном этапе и в будущем (середина XXI века) на транспортные коммуникации при разработке стратегии развития транспортных коммуникаций позволит определить наиболее выгодные направления и снизить издержки и ущербы при строительстве и эксплуатации транспортных коммуникаций.

Исследуемая территория включает полностью территорию Дальневосточного федерального округа и большую часть Сибирского федерального округа без Кемеровской, Томской и Новосибирской областей, Алтайского края и республики Горный Алтай (рис. 2). По данным В.Ф. Перова [2012] на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока селевой опасности подвергается 1120,1 км² её территории, что составляет 73,9% от всей селеопасной площади в пределах Российской Федерации. При этом на селеопасные районы с высокой степенью опасности приходится около 8,5% всей селеопасной территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, средней степенью селевой опасности — 25%, низкой степенью селевой опасности — 54% и около 12,5% относятся к потенциально селеопасным территориям (рис. 3).

На территории Восточной Сибири и Дальнего Востока неоднократно наблюдался сход селевых потоков, которые приводили к значительному ущербу и жертвам, незначительная часть которых представлена в таблице 1.

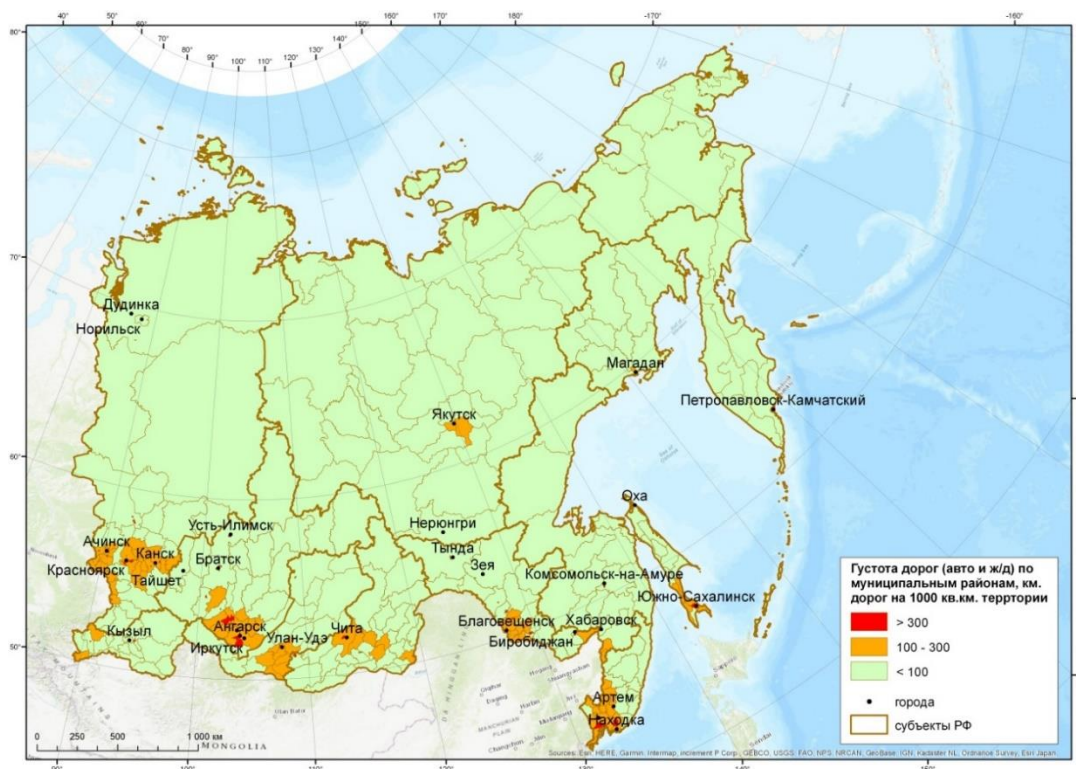


Рис. 1. Густота автомобильных и железных дорог по муниципальным образованиям на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Fig. 1. The auto- and railroads density per municipal divisions of the territory of the Eastern Siberia and the Russian Far East



Рис. 2. Федеральные округа Российской Федерации. Красная линия — западная граница района исследования

Fig. 2. Federal Districts of the Russian Federation. The red line – the western border of the regions of investigation



Рис. 3. Степень селевой активности [СП 115.13330.2016]. Красная линия — западная граница района исследования

Fig. 3. The degree of debris flow activity [SP 115.13330.2016]. The red line – the western border of the regions of investigation

Таблица 1. Крупнейшие чрезвычайные ситуации, вызванные селевыми потоками на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока

Table 1. Major emergencies caused by debris flows in Eastern Siberia and the Far East

№	Феде- ральный округ	Субъект РФ	Муниципальный район	Дата	Характеристика последствий
1	Сибир- ский	Иркутская об- ласть	Слюдянский	27– 29.06.1934	Размыто или зава- лено селевыми отло- жениями железно- дорожное полотно. Перерыв в движении на Транссибирской магистральной длился 22 часа.
2	Дальне- восточ- ный	Сахалинская область	Невельской, Холм- ский, Макаровский	18– 19.09.1957	Разрушение авто- мобильных и желез- ных дорог, мостов.
3	Сибир- ский	Иркутская об- ласть, Бурятия	Слюдянский	24– 25.07.1971	Повреждены участки дорог.
4	Дальне- восточ- ный	Сахалинская область	Макаровский	1996 сен- тябрь	Размыв железно- дорожного полотна. Движение поездов остановлено.

№	Феде- ральный округ	Субъект РФ	Муниципальный район	Дата	Характеристика последствий
5	Сибир- ский	Забайкальский край	Каларский	27.07.2001	Частичное разру- шение ж/д полотна в районе оз. Большое Леприндо. Приоста- новка движения по- ездов по БАМу.
6	Дальне- восточ- ный	Камчатский край	Усть-Камчатский	04.09.2006	Сошедший с вулкана Шивелуч сель раз- мыл дорогу, прервав транспортное сооб- щение с населён- ными пунктами Усть-Камчатск и Крутоберегово.
7	Дальне- восточ- ный	Сахалинская область	Макаровский	22– 24.06.2009	Из-за селевых пото- ков размыто 320 м железнодорожного полотна. Закрыто движение поездов.
8	Сибир- ский	Бурятия	Тункинский	28.06.2014	Размыты дороги в пос. Аршан, разру- шены мосты.
9	Дальне- восточ- ный	Республика Саха–Якутия	Тындинский	24.07.2016	Участок завала пу- тей на 2 107 кило- метр перегона Чильчи–Ункур со- ставил 18–20 метров. Движение по БАМ было остановлено.

Материалы и методика

Селевая деятельность на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока отмечается во всех субъектах, кроме Еврейской автономной области и незначительных по площади районах Амурской области [Перов, 1989].

По условиям формирования селевых потоков вся территория Восточной Сибири и Дальнего Востока делится на холодную и теплую зоны [Перов, 2012]. К холодной зоне относятся Верхоянский хребет, нагорье Черского, Сунтар-Хаята, горы бассейна Колымы и Чукотки, Путорана, Корякский хребет, Бырранга и Арктические острова. К теплой зоне относятся территории Восточного Саяна, Хамар-Дабан, горы Забайкалья (юг) и Приамурья, Сихотэ-Алинь, горы о-ва Сахалин, Джугджур и Камчатка. Общая площадь селеопасных районов на этой территории составляет 1275,8 км². Здесь преобладают районы со средней и низкой степенью селевой опасности и лишь в Прибайкалье, и Забайкалье отмечаются районы с высокой степенью селевой опасности (почти 21% площади). Незначительные участки с высокой степенью селевой опасности расположены на территории Камчатки, плато Путорана, Верхоянском хребте, а также на территории Магаданской области и Чукотского автономного округа.

На формирование селевых потоков в Восточной Сибири и Дальнего Востока помимо орографических, геоморфологических, литологических и геоботанических факторов существенное влияние оказывает сейсмический фактор, наличие многолетнемерзлых пород, а также на востоке территории вулканическая деятельность. Другой особенностью образования селевых потоков является их формирование на склонах морских террас в пределах Сахалинской области [Рыбальченко, 2013].

Преобладающими типами селевых потоков по водной составляющей являются снеговые сели (в северной части региона) [Войтковский, Корольков, 1998; Виноградов, 1980] и дождевые (в южной части региона) [Абраменко 1980; Будз, 1968; Макаров, 2012]. В северной зоне, как правило, в мае-июне формируются водоснежные потоки, а в летние месяцы при продолжительных дождях дождевые сели. Среди дождевых селей преобладают водокаменные потоки, но могут встречаться и грязекаменные потоки. На склонах вулканов формируются лахары.

Селеопасный период начинается в мае и заканчивается в августе, но в восточных частях (Камчатская, Сахалинская [Казаков, Жукова, 1988], Амурская области, Приморский и Хабаровский края) селеопасный период продлевается до сентября и даже октября.

Повторяемость схода селевых потоков не высока по сравнению с повторяемостью на Северном Кавказе. Наиболее характерным показателем частоты схода селевых потоков является величина 1 раз в 15–30 лет. Мелкие склоновые селевые потоки образуются чаще — 1 раз в 3–6 лет [Лапердин, Тржцинский, 1977].

Объёмы селевых потоков могут достигать 500 тыс. м³, хотя чаще всего они не превышают первых тысяч м³.

Селевые потоки неоднократно наносили ущерб инфраструктуре расположенной на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. В наибольшей степени воздействию селевых потоков подвержены автомобильные и железные дороги. Особенно часто эти случаи отмечались на Кругобайкальской железной дороге, БАМе, а также на острове Сахалин (см. табл. 1). Так, в июле 2001 г. около озера Большое Леприндо в результате продолжительных дождей сошло несколько селевых потоков, которые перекрыли железнодорожное полотно [Лукашов, Токарева, 2013]. В течение 2-х суток движение по БАМу на этом участке было прекращено. Кроме транспортных коммуникаций воздействию селевых потоков подвержены различные населенные пункты, особенно на южном побережье озера Байкал, а также на западном и восточном побережьях острова Сахалин. Так, 28 июня 2014 года сформировался мощный селевой поток в районе пос. Аршан, который разрушил местные дороги и санаторий «Аршан» [Лапердин и др., 2014].

В Северо-Курильском, Курильском и Южно-Курильском муниципальных образованиях Сахалинской области и в муниципальных образованиях Камчатского края возможно формирование селевых потоков (лахаров) на склонах действующих вулканов (рис. 4). В каждом из этих муниципальных образований селевой деятельности подвержено до 40% территории, а повторяемость схода селевых потоков 1 раз в 20 лет. Образование селевых потоков связано как с интенсивной вулканической деятельности, так и большим количеством осадков в летний период [Бударина, Перов, 1981; Краевая 1969; Куксина, Муравьев, 2018; Черноморец, Сейнова, 2010; Хисматуллин, Шныпарков, 2019].

Оценка степени селевой опасности для транспортной сети Сибири и Дальнего Востока по муниципальным образованиям производилась по четырём градациям: неподверженное селевой опасности; низкая, средняя и высокая степень селевой опасности.

Степень селевой опасности определялась значениями, полученными перемножением следующих трёх характеристик: уязвимость территории в пространстве, во времени и повторяемость селей.

Как правило, оценка степени селевой опасности в мелком масштабе основана на использовании интегрального показателя, включающего процент площади, занятой селевыми бассейнами, и максимальный объём. Применение такого интегрального показателя удобно для площадной оценки селевой опасности. Транспортные коммуникации представляют собой линейные сооружения, поэтому для оценки селевой опасности помимо доли площади селеопасных территорий в муниципальном образовании использовали дополнительно показатель — доля суммы длин селеопасных участков в расчёте на 1 км дна долины. Для каждой селевой области в пределах Восточной Сибири и Дальнего Востока были рассчитаны эти значения. При этом такие

расчёты производились для районов с различной степенью селевой опасности. Таким образом, на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока были произведены расчёты пораженности селевыми потоками по дну долины на 30 ключевых участках. Для каждой селевой области и степени опасности была определена пораженность дна долин селевыми потоками.



Рис. 4. Крупнообломочные отложения в зоне зарождения лахара «Клюв 2». Остров Матуа. Фото Т.И. Хисматуллина

Fig. 4. Large-block deposits in zone of formation of lahar “Klyuv 2”, Isl. Matua. Photo T.I. Khismatullin

Уязвимость территории муниципального образования определялась перемножением доли селеопасных территорий в пределах муниципальных образований на долю селеопасных участков в пределах дна долины.

Уязвимость территории во времени определялась как отношение продолжительности селеопасного периода к числу дней в году. Продолжительность селеопасного периода для каждого муниципального образования определялась с использованием методики, предложенной Т.Л. Сидоровой [1997], и уточнённой Н.Л. Белой [2005].

Повторяемость селей определялась для каждого муниципального образования на основе существующих научных публикаций, а при отсутствии таковых по отдельным муниципальным образованиям использовались сведения по районам аналогам, в которых такие сведения по повторяемости селей имелись.

Оценка изменения степени селевой опасности для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям территории Восточной Сибири и Дальнего Востока выполнялась с учетом изменения климатических условий. Для расчета изменений климатических параметров и связанных с ними показателей селевой активности из ансамбля CMIP5 сценария RCP8.5 МГЭИК (IPCC) была выбрана модель MRI-CGCM3 эксперимент r11p1 (Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan). Китайскими исследователями [Li, Gao, 2015; Miao et. al., 2014] было установлено, что модель

отличает наиболее выраженная положительная корреляция значений атмосферного давления в пределах Сибирского антициклона, полученных в результате реанализа, а также она дает наиболее близкие к реальным значения температур воздуха. Кроме этого, модель имеет достаточно густую сеть расчётных значений — размер ячейки в пределах территории Российской Федерации изменяется от $1,122 \times 1,125$ до $1,118 \times 1,125$ градусов, что, в условиях отсутствия региональных моделей изменения климата для России, позволяет оценивать изменения на относительно небольших по площади территориях. Последний период, по которому выполнялся реанализ — 1991–2000 г. Он определён как «современный» и по отношению к нему выполнялись расчеты изменений искомых параметров в будущем. Расчёты выполнены на середину (2041–2050 гг.) XXI века. На указанные периоды для узлов сетки были рассчитаны средние значения параметров: средние значения температуры воздуха, суммы осадков за каждый месяц. Затем по этим данным были рассчитаны продолжительность тёплого (T более 0°C) периода и суммы осадков за тёплый период. По разности значений параметров за разные периоды (начало и середина XXI века) с использованием ArcGIS 10.3 были построены поверхности, характеризующие их изменения. Далее при наложении на карту муниципальных образований, были определены средние значения параметров продолжительности тёплого периода и количества осадков и их изменения для каждого муниципального образования Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Продолжительность селеопасного периода к середине XXI века определялась по методике Н.Л. Белой [2005] по прогнозируемым значениям температуры воздуха, осадков.

Для определения изменения повторяемости селевых потоков оценивались изменения количества осадков за тёплый период на середину и конец XXI века. Оценка изменения этого параметра селевой деятельности наименее точна, т.к. в современных условиях не найдена тесная связь между повторяемостью селевых потоков и количеством осадков за тёплый период. В связи с этим было принято допущение, что при изменении количества осадков в пределах $\pm 10\%$ повторяемость селевых потоков не изменится. При изменении количества осадков в пределах $\pm 10\text{--}30\%$ повторяемость селевых потоков изменится соответственно на $\pm 10\%$. При изменении количества осадков за тёплый период более $\pm 30\%$ повторяемость селевых потоков изменится на $\pm 20\%$.

Поражённость территорий селевыми потоками муниципальных районов Восточной Сибири и Дальнего Востока принята неизменной, т.к. изменение климатических условий на этой территории не скажется на площади распространения селевых потоков (орографические условия неизменны, а климатические благоприятны для образования селевых потоков), при этом антропогенный фактор не анализировался.

Таким образом, были получены изменения продолжительности селеопасного периода и повторяемости селей на середину XXI века для муниципальных образований на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока и вновь рассчитаны значения степени селевой опасности.

Результаты

Степень селевой опасности для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям Восточной Сибири и Дальнего Востока на середину XXI века показана на рис. 5. В середине XXI века высокая степень селевой опасности для транспортных коммуникаций будет характерна только в трёх субъектах: Приморском, Хабаровском краях и Сахалинской области. Районы со средней степенью селевой опасности будут отмечаться на севере Хабаровского края, юге Магаданской области и в некоторых муниципальных образованиях в средней и южной частях Сахалинской области и юга Камчатского края. Остальные селеопасные районы на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века будут характеризоваться низкой степенью селевой опасности для транспортных коммуникаций.



Рис. 5. Степень опасности селевых потоков для транспортных коммуникаций по муниципальным образованиям территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в середине XXI века

Fig. 5. Degree of debris flow hazard for transportation network of the Eastern Siberia and Russian Far East in the middle of the XXI century

К середине XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока степень селевой опасности уменьшится практически во всех субъектах.

В Чукотском автономном округе, Красноярском крае, Республиках Хакасия, Тува, Бурятия, Забайкальском крае, Иркутской области степень селевой опасности уменьшится до низкой во всех муниципальных образованиях.

В Магаданской области в большинстве муниципальных образований степень селевой опасности к середине XXI века останется прежней, и будет характеризоваться низкой степенью. В Ольгинском районе степень селевой опасности не изменится и будет характеризоваться средней степенью. Снижение степени селевой опасности со средней до низкой для транспортных коммуникаций к середине XXI века будет отмечаться в Хасынском, Тенькинском, Сусуманском и Ягоднинском районах.

В Камчатском крае степень селевой опасности снизится до низкой во всех муниципальных образованиях, кроме Усть-Большерецкого, Елизовского, Мильковского и Быстринского муниципальных районов. В Елизовском и Мильковском районах степень селевой опасности к середине XXI века с высокой снизится до средней, в Усть-Большерецком и Быстринском районах она увеличится до средней степени.

В Республике Саха–Якутия степень селевой опасности для транспортных коммуникаций к середине XXI века снизится с высокой и средней до низкой в

следующих муниципальных образованиях: Верхоянском, Кобяйском, Момском, Оймяконском, Томпонском, Усть-Майском, Усть-Янском и Эвено-Бытатантайском.

В Хабаровском крае в большинстве муниципальных образований к середине XXI века будет отмечаться повышение степени селевой опасности для транспортных коммуникаций, за исключением Охотского района, где степень селевой опасности снизится с высокой до средней. В Тугуро-Чумиканском, муниципальном образовании и районах, расположенных южнее по территории края, степень селевой опасности возрастет до высокой, за исключением Хабаровского, Комсомольского районов, где степень селевой опасности возрастет до средней степени. В Верхнебуреинском и Николаевском муниципальных образованиях степень селевой опасности останется на прежнем уровне и будет характеризоваться низкой степенью селевой опасности.

В Приморском крае к середине XXI века степень селевой опасности увеличится практически во всех муниципальных районах с низкой до средней и на севере края до высокой.

В Сахалинской области в целом степень селевой опасности к середине XXI века возрастет в большинстве муниципальных образований. Рост степени селевой опасности будет отмечаться в Невельском, Холмском, Корсаковском, Анивском, Макаровском, Смирныховском и Углегорском муниципальных образованиях с низкой до высокой, а в Долинском, Южно-Сахалинском и Александров-Сахалинском муниципальных образований повысится с низкой до средней степени селевой опасности. На Курильских островах повышение степени селевой опасности к середине XXI века будет отмечаться на южных и центральных островах гряды, на о. Парамушир будет снижение селевой опасности.

В Амурской области будет снижение степени селевой опасности в Селемджинском районе со средней до низкой степени селевой опасности. В остальных районах Амурской области степень селевой опасности для транспортных коммуникаций останется низкой.

Заключение

В целом к середине XXI века на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока будет отмечаться снижение степени селевой опасности для транспортных коммуникаций на большей части ее территории до низкой степени. Повышение степени селевой опасности охватит центральные и южные районы Хабаровского края, муниципальные образования Приморского края, Сахалинской области и южные и центральные острова Курильской гряды, где степень селевой опасности возрастет до высоких значений.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РГО-РФФИ, договор №15/2019/ РГО-РФФИ.

Список литературы

- Абраменко Н.А. Некоторые сведения о селевых явлениях на юге Красноярского края и Тувинской АССР. В Селевые потоки. Сб. 5. Л.: Гидрометеиздат, 1980. с. 49–54.
- Белая Н.Л. Моделирование внутригодового распределения дождевых селей в горных регионах мира. Диссертация на соискание уч. степени канд. геогр. наук. М.: 2005. 142 с.
- Бударина О.И., Перов В.Ф. К оценке селевой опасности горных районов Камчатки. В Проблемы противоселевых мероприятий. Алма-Ата: Изд-во «Казахстан», 1981, с. 201–212.
- Будз М.Д. Условия селеобразования в Прибайкалье. Селевые потоки и горные русловые процессы. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1968. с. 291–296.
- Виноградов Ю.Б. Селевые явления на территории северной части Хабаровского края. Селевые потоки. Сб. 4. М.: Гидрометеиздат, 1980. с. 82–90.

- Войтковский К.Ф., Корольков В.Г. Водоснежные потоки на плато Путорана. Материалы гляциологических исследований, 1998. 84, с. 92–94.
- Казаков Н.А., Жукова З.И. Районирование о.Сахалин по степени проявления селевой деятельности. Труды гидрометцентра Сахалинского территориального управления по гидрометеорологии. Вып. 1. Региональные исследования. Южно-Сахалинск: 1988, с. 131–137.
- Краевая Т.С. Краткая характеристика селеопасных районов Камчатки. Труды КазНИГМИ, 1969. Вып. 33, с. 144–151.
- Куксина Л.В., Муравьев Я.Д. Реки вулканических территорий Камчатки и их лахароопасность. Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1–5 октября 2018 г. Черноморец С.С., Гавардашвили Г.В. (ред.). Тбилиси: Универсал, 2018. с. 400–410.
- Лапердин В.К., Леви К.Г., Лехатинов А.М., Кадетова А.В., Пеллинен В.А., Рыбченко А.А. Причины и последствия катастрофических селевых потоков 28 июня 2014 г. в окрестностях пос. Аршан, Республика Бурятия. Геодинамика и тектонофизика, 2014. 5(3), с. 799–816. doi: 10.5800/GT-2014-5-3-0156.
- Лапердин В.К., Тржцинский Ю.Б. Экзогенные геологические процессы и сели Восточного Саяна. Новосибирск, 1977. 103 с.
- Лукашов А.А., Токарева Е.А. Сели восточного фланга Байкальской рифтовой зоны. Геориск, 2013. № 2, с. 14–19.
- Макаров С.А. Сели Прибайкалья. Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. 111 с.
- Перов В.Ф. Селеведение. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 274 с.
- Перов В.Ф. Селевые явления на территории СССР. М.: Изд-во МГУ, 1989. 149 с.
- Рыбальченко С.В. Селевая опасность для населённых пунктов Сахалинской области. Геориск, 2013. № 3, с. 40–44.
- Сидорова Т.Л. Оценка селевой деятельности по климатическим параметрам. Автореф. канд. дис. М.: МГУ, 1997. 20 с.
- СП 115.13330.2016. «СНиП 22-01-95 Геофизика опасных природных воздействий». М.: Минстрой России, 2016. v+40 с.
- Хисматуллин Т.И., Шныпарков А.Л. Селевые потоки на острове Матуа. // Su Problemləri: Elm və Texnologiyalar, 2019. 1(13), pp. 7–18.
- Черноморец С.С., Сейнова И.Б. Селевые потоки на вулканах. М.: Изд-во УНЦ ДО, 2010. 72 с.
- Li F., Gao Y.-Q. The Project Siberian High in CMIP5 models. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2015. 8(4), pp. 179–184. doi: 10.3878/AOSL20140101.
- Miao Ch.y., Duan Q.g., Sun Q.h., Huang Y., Kong D.x, Yang T.t, Ye A.zh., Di Zh.h., Gong W. Assessment of CMIP5 climate models and projected temperature changes over Northern Eurasia. Environmental Research Letters. 2014. 9(5), 055007. doi: 10.1088/1748-9326/9/5/055007.