



## Распространение природных и антропогенных селей на острове Сахалин

Л.Е. Музыченко, А.А. Музыченко

*Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН,  
Южно-Сахалинск, Россия, allixev@yandex.ru*

**Аннотация.** В работе рассматриваются наиболее типичные случаи формирования антропогенных селей в пределах природных селевых комплексов в различных районах о. Сахалин. Усиление антропогенной нагрузки на территорию острова приводит к увеличению масштабов и повторяемости сходов селей. В связи с этим увеличивается ущерб, наносимый окружающей среде и экономике при активизации селевой деятельности.

**Ключевые слова:** сели, антропогенное воздействие, селевой поток, антропогенный сели, отвалы карьеров, отложения

**Ссылка для цитирования:** Музыченко Л.Е., Музыченко А.А. Распространение природных и антропогенных селей на острове Сахалин. 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. 499–508.

## Distribution of natural and man-made debris flows on Sakhalin Island

L.E. Muzychenko, A.A. Muzychenko

*Sakhalin Department of the Far East Geological Institute, Far Eastern Branch, Russian  
Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, allixev@yandex.ru*

**Abstract.** The most typical cases of anthropogenic debris flows formation within the territories where natural debris flows were usually observed in different Sakhalin areas are reviewed in this paper. The growth of anthropogenic impact on island territory leads to debris flows scale and frequency increase. In connection of this, the losses of environment and economy also increase due to debris flows activation.

**Key words:** debris flow, anthropogenic impact, anthropogenic debris flow, deposit, sediment, waste pile

**Cite this article:** Muzychenko L.E., Muzychenko A.A. Distribution of natural and man-made debris flows on Sakhalin Island. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhiyeva 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. 499–508.

### Введение

Хозяйственная деятельность человека приобретает все больший размах. На о. Сахалин под освоение попадают новые территории, ввиду увеличения объемов добычи полезных ископаемых, прокладки новых и реконструкции существующих линейных объектов: нефтегазопроводов, линий ЛЭП, авто и железных дорог. Отдельно стоит отметить планируемое и уже ведущееся строительство спортивных и рекреационных объектов на территории Сахалинской области. Наиболее масштабно, такие объекты

строятся в районе г. Южно-Сахалинска в пределах Сусунайского хребта. В южной части о. Сахалин, с его холмистым или низкогорным рельефом, достаточно широко распространены природные селевые процессы. Однако, при вмешательстве человека происходит наложение антропогенных факторов селеобразования на природные, в результате чего наблюдается как увеличение повторяемости формирования селей, так и масштаб событий. При этом образование антропогенных селей отмечается и в местах, где сход природных селей не наблюдался.

Целью работы является сопоставление информации о территориях, подверженных воздействию природных и антропогенных селей с выделением зон, где сочетание природных факторов с антропогенными дает наибольшую потенциальную опасность схода селей, которые в дальнейшем могут нанести существенный ущерб этим территориям и хозяйственным объектам, вплоть до катастрофического.

В работе использованы как информация, полученная в ходе полевых наблюдений Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН, так и данные анализа спутниковых снимков разных лет, которые доступны в программе Google Earth.

### **Характеристики территории и факторы селеобразования**

Значительная часть Сахалина (около 2/3) имеет холмистый и низкогорный рельеф с отметками в наивысшей части до 1600 м. Учитывая сильную расчлененность рельефа с глубиной расчленения до 500–1000 м, крутизну склонов до 35–50° и геологическое строение территории острова, можно говорить о существенной степени подверженности ее опасным экзогенным геологическим процессам (ЭГП), в число которых входят оползни и сели.

Территория Сахалина преимущественно сложена слабосцементированными осадочными породами: алевролитами, аргиллитами и песчаниками, стойкость которых к увлажнению очень низка, что приводит к быстрому разложению пород, лежащих на поверхности, и размоканию некоторых их разновидностей в течение очень короткого отрезка времени, начиная от 4-х часов.

Также проявлению опасных ЭГП способствуют особенности климата Сахалина. На острове регулярно фиксируется выпадение большого количества как твердых, так и жидких осадков (до 329 мм за событие, 127 мм за сутки и 43 мм за час для твердых осадков и до 1200 мм за событие, 230 мм за сутки и 30 мм за час – для жидких) [Генсиоровский, 2011].

На протяжении года выделяется два периода наибольшей активизации ЭГП. Первый период – весенне-летний (май-июнь), когда наблюдается переувлажнение грунтов во время весеннего снеготаяния и выпадения интенсивных жидких осадков. При значительном снеготаянии и интенсивном таянии снега с наложением сильных дождей вероятность формирования селей в этот период существенно возрастает. Второй период – летне-осенний (июль-октябрь), связан с выходом на территорию Сахалина тропических циклонов и тайфунов, несущих обильные осадки [Генсиоровский и др., 2008].

Добавление к вышеперечисленным факторам селеобразования антропогенного кардинально повышает вероятность активизации ЭГП, ввиду часто непродуманного и бесконтрольного вмешательства человека в природные селеопасные районы, которое включает подрезку склонов при строительстве различных объектов, складирование крупных объемов перемещенных грунтов на склонах гор или в руслах водотоков, пересыпка этих русел, ведущая к формированию искусственных водоемов, которые несут потенциальную опасность прорыва, сплошная вырубка лесов с нарушением требований рекультивации и восстановления лесных массивов и т.д. Зачастую, ввиду технологических причин и мест залегания полезных ископаемых, расположение промышленных объектов по их добыче приурочено к горной местности, а при прокладке протяженных линейных объектов практически неизбежно пересечение горных массивов, что способствует образованию многочисленных оползневых и селевых очагов на всем протяжении этих объектов.

## Результаты и обсуждение

За последние 20 лет зафиксировано более 15 случаев схода селевых потоков антропогенного генезиса. Рассмотрим наиболее типичные случаи образования селей из материала антропогенных потенциальных селевых массивов (ПСМ), представляющих собой отвалы вскрышных и пустых пород карьеров по добыче полезных ископаемых, массы перемещенных грунтов, строительного мусора, древесных обломков после рубки леса и т.д.

Одним из наиболее примечательных примеров объектов, на которых формируются антропогенные сели, является карьер Лиственничный, расположенный недалеко от Южно-Сахалинска на склоне г. Медика на Сусунайском хребте. Это один из крупнейших действующих карьеров по добыче строительного камня на юге Сахалина. На объекте имеются два крупных отвала пустой породы размещенных на северо-западном и южном склонах одного из отрогов г. Медика, на котором и располагается карьер. Северо-западный отвал является более крупным. Начиная с 2009 года сотрудниками СФ ДВГИ ДВО РАН ежегодно фиксируются сходы антропогенных селей с северо-западного отвала карьера в долину безымянного ручья. Сели с наибольшими объемами были зафиксированы в 2009 и 2013 годах, суммарные объемы селевых отложений которых составили 10 тыс. м<sup>3</sup> и 15 тыс. м<sup>3</sup> соответственно [Музыченко и др., 2015]. К настоящему времени селевыми отложениями уничтожено около 4 га леса в пойме ручья (рис. 1).



Рис. 1. Погибший лес ниже северо-западного отвала к-ра Лиственничный. Май 2019 г. Фото Л.Е. Музыченко

Fig. 1. Destroyed forest downstream the S-W waste pile of Listvennichnyy mine. May 2019. Photo by L.E. Muzychenko

Все днище долины ручья от отвала карьера до места его впадения в р. Хомутовка, протяженностью 1300 м, заполнено отложениями мощностью в среднем до 1 м. В связи с расширением карьера в последние 2 года, с левого борта долины ручья через лесной массив с частей отвалов, расположенных выше леса, в основное русло сходят склоновые селевые потоки. При прохождении по лесу сели интенсивно эродировывают подстилающую поверхность, глубина выпаживания достигает 0,5 м при ширине захвата от 0,5 до 2,0 м, таким образом, формируются новые селевые русла, повреждается лесная растительность и сводится почвенно-растительный слой (рис. 2).



Рис. 2. Склоновый сель с северо-западного отвала карьера Лиственничный. Май 2019 г. Фото Л.Е. Музыченко

Fig. 2. Slope debris flow from the S-W waste pile of Listvennichniy mine. May 2019. Photo by L.E. Muzychenko

Часть твердого материала выносится в р. Хомутовка, формируя в 11 км ниже по течению реки, недалеко от ее впадения в р. Сусуя, мощный конус выноса. Нижняя зона отложений находится меньше чем в 100 м от территории ВПП аэропорта Южно-Сахалинска – Хомутово. В период с 2013 по 2016гг. русло Хомутовки было полностью замыто отложениями, что вызывало подтопление зоны ВПП во время весеннего половодья, т.к. река, не имея выработанного русла, разливалась по конусу выноса. Площадь отложений составила около 1,5–2 га, мощность в русле – до 1,5 м. В результате потребовалась расчистка русла реки. В селеопасной зоне находится планировочный район Хомутово, мостовые переходы через р. Хомутовка, расположенные ниже по течению. Кроме вышеназванных последствий надо отметить, что река Хомутовка имеет высшее рыбохозяйственное значение (на нерест заходят лососевые породы рыб), а вынос в реку большого количества делювиально-пролювиальных отложений ведет к полному уничтожению естественных нерестилищ (рис. 3).



Рис. 3. Впадение безымянного ручья в р. Хомутовка. Апрель 2020 г. Фото Л.Е. Музыченко

Fig. 3. The nameless stream influx into Khomutovka River. April 2020. Photo by L.E. Muzychenko

С южного отвала карьера (рис. 4) сели меньших масштабов сходят в один из притоков р. Христофоровка. Площадь уничтоженного отложениями леса ниже отвала составляет около 3 га. В километре ниже по течению ручья находится дорожный мост, который может быть поврежден или разрушен селевым потоком большого объема, когда создадутся условия для его схода. Ниже моста вдоль берега ручья располагается дачный поселок, которому также может быть причинен ущерб. Как и в случае с р. Хомутовка, р. Христофоровка является рекой высшей рыбохозяйственной категории и сход селевых потоков по ней ведет к уничтожению нерестилищ.



Рис. 4. Отложения с южного отвала к-ра Лиственничный, 2019 г.

Fig. 4. Sediments from the southern waste pile of Listvennichniy mine, 2019

На карьере Известковый, расположенном в юго-восточной оконечности Майорского массива Сусунайского хребта в верховьях р. Знаменка, также имеются условия для формирования селевых потоков. За последние годы площадь, занимаемая карьером, увеличилась. В нижней его части находится карьерная выработка, заполненная водой, в которую осуществляется сток воды со всей площади карьера (рис. 5). Выработка расположена в 50 м от р. Знаменка и из нее происходит перелив сильно загрязненной воды в реку. В случае выпадения большого количества осадков возможен прорыв образовавшегося водоема в реку с формированием селя. Ниже по течению реки расположен рыбопроизводный завод, которому может быть нанесен крупный ущерб сходом селя.

Сходная ситуация наблюдается на выработанном карьере по добыче угля в районе пос. Быков, где имеется несколько заполненных водой карьерных выработок, самая нижняя из которых находится в 80 м от р. Рогуля, притока р. Найба, также имеющей важное рыбохозяйственное значение (рис. 5). Сход оползней или оползней-потоков в нижний резервуар с бортов отвалов потенциально угрожает реке прорывом водоема с выносом в нее селевой массы.

Карьер в районе пос. Сокол Долинского района также имеет отвалы пустой породы, с которых регулярно сходят склоновые сели небольших объемов, что можно наблюдать с помощью спутниковых снимков, где виден рост зоны селевых отложений ниже отвала породы. Начиная с 2015 года, площадь, занятая отложениями, начала расти и к настоящему времени составляет около 1 га (рис. 6). Ниже отвала карьера находятся сельхозгодия.



Рис. 5. Карьер Известковый (слева), 2017 г., карьер в районе пос. Быков (справа), 2019 г. Потенциальные зоны формирования селевых потоков отмечены красными стрелками

Fig. 5. Izvestkoviy mine (in the left), 2017, mine near the Bykov settlement (in the right), 2019. Potential debris flows initiation zones are marked with red arrows



Рис. 6. Рост зоны отложений карьера Соколовский

Fig. 6. The sediment zone of Sokolovskiy mine increase

В Углегорском районе находятся несколько выработанных, а также все еще работающих карьеров по добыче угля недалеко от поселков Бошняково, Тельновский, Ольховка, Краснополе. С отвалов этих карьеров с помощью спутниковых снимков также можно наблюдать следы схода склоновых селей небольших масштабов. На карьерах имеются большие объемы вскрышной и пустой породы, образующие потенциальные селевые массивы, и этого количества породы достаточно для схода крупных селей или оползней-потоков.

В мае 2018 г. в пос. Горнозаводск Невельского района на карьере по добыче угля произошел сход оползня-потока, сформировавшегося из переувлажненного материала отвала вскрышных пород. СФ ДВГИ ДВО РАН зафиксировал параметры оползня-потока: протяженность 2000 м, высота фронта более 10 м, мощность отложений 2–6 м. Отложения заполнили собой долину небольшого ручья, стекающего в сторону ул. Бамбуковой. Поток разрушил несколько жилых домов, хозяйственные постройки, расположенные в долине ручья. По счастливой случайности люди не пострадали, но были уничтожены домашние животные в подсобном хозяйстве.

Одним из характерных примеров линейных объектов, подвергающихся воздействию селей, является трасса нефтегазопроводов «Сахалин-2». По всей длине трассы еще в 2006–2007 гг. отмечались большие объемы складирования перемещенных грунтов на водоразделах и в руслах рек, достигающих 1 млн м<sup>3</sup>. Таким образом, сохраняется потенциальная опасность схода селей в данном районе. Например, в 2007 г.

образовалось несколько антропогенных селей объемом до 3 тыс. м<sup>3</sup> в бассейнах рек Лазовая и Кринка из грунтов, складированных в руслах и бортах долин. Несколько нерестовых рек были перекрыты отложениями мощностью до 1,2 м [Казаков, Генсиоровский, 2008].

22–24 июня 2009 года наблюдалось прохождение над территорией Сахалина глубокого циклона с большим количеством осадков. Циклон спровоцировал массовую активизацию ЭГП в южной части острова. В предшествующий прохождению циклона период грунты уже были достаточно сильно увлажнены, таким образом, имелись условия для массового схода селей. В Макаровском районе воздействию селей подверглась трасса нефтегазопроводов «Сахалин-2». Селевые потоки были отмечены в районе хребта Жданко и р. Пулька. Объемы селей достигали 1,5 тыс. м<sup>3</sup>, пробег до 1000 м, средняя толщина отложений 0,7 м. В первом случае была повреждена каменная наброска по оси створа трассы нефтегазопровода, во втором на участке 400 м повреждены элементы инженерной защиты нефтегазопроводов. Множество небольших селей сошло на подъездные дороги к трассе нефтегазопроводов, блокировав их [Генсиоровский, Казаков, 2009]. Не все из селей за это событие имели антропогенный характер, но проходя через створ трассы нефтегазопровода, потоки включали в себя техногенные грунты, за счет чего увеличивались в объеме.

В районе с. Успенское в 2015 г. сошел прорывной сель от линии электропередач, где при прокладке ЛЭП песчаным грунтом был пересыпан малый водоток, что привело к образованию искусственного водоема. Сход селя был вызван небольшим количеством осадков, и поток из материала дамбы прошел вниз по склону 180 м и выплеснулся на автодорогу Южно-Сахалинск – Холмск. Объем селя составил 1,5 тыс. м<sup>3</sup>.

Также селевые потоки отмечаются на территориях городской застройки, расположенной на горных склонах. В 2010 г. в г. Холмск образовался антропогенный сель из строительного грунта, складированного без соответствующего водоотведения в районе зданий мореходного училища по ул. Макарова, д. 1 (рис. 7). Грунт находился на бровке площадки для разворота автотранспорта и при обводнении сошел в виде оползня, который в дальнейшем перекрыл водоток и с поступлением воды трансформировался в сель, дальность пробега которого составила 500 м, а объем 1000 м<sup>3</sup>. Отложения селя замывали железнодорожное водопропускное устройство.



Рис. 7. Зона транзита селя, г. Холмск, 2010 г. Фото Ю.В. Генсиоровского

Fig. 7. The debris flow transition zone in Kholmsk city, 2010. Photo by Yu.V. Gensiorovskiy

Также к объектам, несущим селевую опасность, можно отнести спортивные объекты, располагающиеся вдоль восточной окраины Южно-Сахалинска в пределах Сусунайского хребта. Это лыже-роллерные трассы, биатлонный комплекс и спортивно-туристический комплекс «Горный Воздух». Последние два из перечисленных объектов находятся в стадии активного расширения и строительства, притом, часть объектов инфраструктуры «Горного Воздуха» уже находится на отметках около 700 м, а в дальнейшем планируется строительство горнолыжных трасс с вершин высотой около 900 м. При строительстве идет активная вырубка лесных массивов под многочисленные горнолыжные трассы, канатные дороги и т.д., полностью нарушается почвенно-растительный слой, отсыпается рыхлым грунтом площадки для разворота автотранспорта на поворотах технологических дорог, идущим по крутым склонам (рис. 8), а также под строительство зданий и сооружений.



Рис. 8. Разворотная площадка (слева), малый сель с площадки (справа), 2019 г. Фото Л.Е. Музыченко

Fig. 8. The road turnaround area (in the left), small debris flow from the turnaround area (in the right), 2019. Photo by L.E. Muzychenko

При прокладке горнолыжных трасс и подъездных дорог зачастую не учитывается рисунок гидрографической сети. В результате пересыпаются русла водотоков, изменяется их режим, а также режим подземных вод, что приводит к изменению стока, усилению эрозионной деятельности и формированию новых русел на горнолыжных трассах и др.

В качестве примера подобных решений можно привести факт отсыпки технологической дороги к южному подножью г. Красная в долине р. Хомутовка, где в местах пересечения реки дорогой были установлены водопропускные сооружения из бетонных колец, что принципиально недопустимо на селеносной реке. Диаметр колец не рассчитывался на максимальные паводочные расходы воды р. Хомутовка, поэтому во время паводков сооружения не справляются с пропуском воды, из-за чего выше дороги образуются водоемы, при переливе которых через полотно дороги происходит смыв грунта с ее поверхности, и этот материал способен образовывать селевые потоки небольшого масштаба (рис. 9).



Рис. 9. Эрозионный врез по кромке дороги, образованный при переливе воды через дорожное полотно при паводках, 2019 г. Фото Л.Е. Музыченко

Fig. 9. Erosion along the roadside due to water overflow through the roadbed during flash floods, 2019. Photo by L.E. Muzychenko

Все перечисленные антропогенные сели сходят в селеопасных районах, таких как Макаровский, Холмский, Углегорский и др., где еще до активного вмешательства человека отмечались сходы природных селей. В настоящее время при сохранении опасности схода природных селей добавляется высокая вероятность активизации антропогенных и смешанных природно-антропогенных селей, с тем что возрастают их масштабы и повторяемость. Самыми крупномасштабными являются сели и оползні-потоки, которые сходят с отвалов пустой породы карьеров, т.к. такие ПСМ имеют наибольший объем. Отдельно нужно отметить, что селевые проявления в пределах Сусунайского хребта в настоящее время преимущественно имеют именно антропогенный характер, и природные сели в основном сходят во время выдающихся событий, подобных тайфуну Филлис 1981 г. Разница в частоте формирования природных селевых потоков в Камышовом и Сусунайском хребтах обусловлена различием их геологического строения. Породы, слагающие Сусунайский хребет, являются более древними и прочными, меньше подвержены разрушению, в ходе которого формируются естественные ПСМ [Полунин, 1983].

### Заклучение

Подводя итог, можно сказать, что антропогенные сели формируются на территориях исторически ассоциируемых с деятельностью природных селевых процессов, усугубляя негативное воздействие на окружающую среду и хозяйственную инфраструктуру человека. Такие объекты, как карьеры, строящиеся спортивные комплексы, линейные объекты, где допущены нарушения при строительстве, могут не только сами пострадать от схода селевых потоков, но и являются источниками селевой опасности для окружающих их природных и антропогенных объектов. Угрозе уничтожения подвержены лесные насаждения, сельхозугодия, речные нерестилища лососевых и других видов рыб. Также ущерб причиняется объектам городской инфраструктуры и хозяйственной деятельности. Территории с преобладающим залеганием малопрочных пород в равной степени подвержены как природным, так и антропогенным селям, в то время как в районах, где преобладают более прочные породы, сильнее выражена активность антропогенных селей, т.к. образование техногенных ПСМ происходит быстрее естественных.

### Список литературы

- Генсировский Ю.В. Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (На примере о. Сахалин). Автореферат канд. дисс., Иркутск, 2011.
- Генсировский Ю.В., Казаков Н.А. Активизация экзогенных геологических процессов на Южном Сахалине 22–24 июня 2009 года. Геориск, №2, 2009. 56–60.
- Генсировский Ю.В., Казаков Н.А., Рыбальченко С.В. Гидрометеорологические условия периодов массового селеобразования на о. Сахалин. Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Труды Междунар. конф., Пятигорск, 22–29 сент. 2008 г. / Севкавгипроводхоз, Межрегион. обществ. орг. «Селевая ассоциация». Пятигорск, 2008. 95–98.
- Казаков Н.А., Генсировский Ю.В. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкогорье о. Сахалина как факторы риска для нефтегазопроводов «Сахалин-2». Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, № 6 - М.: «Наука», 2008. 483–496.
- Музыченко А.А., Павлов В.С., Павлов А.С. Формирование антропогенных селевых потоков с карьеров (на примере карьера «Лиственничный»). Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всероссийская науч. конф. с междунар. участием: сборник материалов: в 2 т. Ред. Б.В. Левин, О.Н. Лихачева, т. 2, 2015. 346–349.
- Полунин Г.В. Экзогенные геодинамические процессы гумидной зоны умеренного климата (физические аспекты экзогенных процессов). М.: «Наука», 1983. 249 с.