

Антропогенные сели на Сахалине

© 2020 Л. Е. Музыченко*¹, Е. Н. Казакова²

¹Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН,
Южно-Сахалинск, Россия

²Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН,
Южно-Сахалинск, Россия

*E-mail: allixev@yandex.ru

Резюме. Проблема взаимного влияния антропогенной деятельности и селевых процессов актуальна для территории о. Сахалин, где в последние десятилетия неоднократно фиксировался сход антропогенных селей. Это влияние в настоящее время усиливается вследствие расширения территории городской застройки в зонах транзита и аккумуляции селей, а также увеличения количества отвалов породы и искусственно созданных насыпей в селеопасных зонах. В работе рассматриваются случаи проявления селевой активности, связанной с деятельностью человека, характеризуются антропогенные сели и наносимый ими ущерб. На основании материалов полевых наблюдений и анализа спутниковых снимков проведена оценка изменений на территориях, пострадавших от схода антропогенных селей. Наибольший ущерб наносят сели с отвалов карьеров ввиду их больших объемов.

Ключевые слова: сели, антропогенное воздействие, селевой поток, антропогенный сель

Для цитирования: Музыченко Л.Е., Казакова Е.Н. Антропогенные сели на Сахалине. *Геосистемы переходных зон*, 2020, т. 4, № 2, с. 359–368. <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.3.359-368>

For citation: Muzychenko L.E., Kazakova E.N. Anthropogenic debris flows in Sakhalin. *Geosystems of Transition Zones*, 2020, vol. 4, no. 2, pp. 359–368. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.3.359-368>

Anthropogenic debris flows in Sakhalin

Leonid E. Muzychenko*¹, Ekaterina N. Kazakova²

¹Sakhalin Department of Far East Geological Institute, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

²Special Research Bureau for Automation of Marine Researches, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia.

*E-mail: allixev@yandex.ru

Abstract. The problem of the interaction between human activity and mudflow processes is currently important for the Sakhalin Island, where debris flow occurrences have been repeatedly observed in recent decades. At the present time, this interaction increases due to the extension urban territories into debris flows transit and accumulation zones, including rock spoil heaps in debris flow prone areas. This paper describes several debris flow occurrences associated with human activity in Sakhalin, as well as the characteristics of anthropogenic debris flows and consequent damage. An evaluation of changes in debris flow activity in flow prone zones was carried out based on field observations and satellite image analysis. It is suggested that the most serious damage is caused by debris flows occurrences from quarries because of the large sizes of rock spoil heaps.

Keywords: debris flow, anthropogenic impact, mudflow, anthropogenic debris flow

Введение

С расширением хозяйственной деятельности человека в сферу его влияния входит все большее число природных селевых комплексов. Искусственно создаются скопления обломочной породы, которые потенциально

могут составить основную массу твердого материала будущего селевого потока – потенциальные селевые массивы (ПСМ) [Виноградов, 1980]. Такие антропогенные ПСМ образуются при разработке месторождений полезных ископаемых, прокладке трубопроводов,

строительстве дорог, ЛЭП и других линейных объектов, расположенных в горных и предгорных районах.

В связи с этим сели стали возникать в местах, где ранее их сход не отмечался. А в районах распространения природных селей при вмешательстве человека увеличился масштаб селевых событий и их повторяемость [Сократов и др., 2013].

Проблема взаимного влияния антропогенной деятельности и селевых процессов актуальна для территории о. Сахалин (рис. 1), где в последние десятилетия неоднократно фиксировался сход антропогенных селей (т.е. селевых потоков, зарождение которых напрямую связано с хозяйственной деятельностью человека [Перов, 2012]), приводящий к различного рода ущербам. Сели этого генетического типа наблюдаются при кардинальном изменении человеком условий среды, для них характерны локальное рас-



Рис. 1. Антропогенные сели вблизи населенных пунктов, зафиксированные на территории о. Сахалин (отмечены серыми точками).

Figure 1. Anthropogenic debris flows near the settlements recorded on Sakhalin Island territory (marked with grey points).

пространение, повышенная повторяемость по сравнению с природными селями, а также большая регулярность проявления [Перов, 1996]. Антропогенные сели могут наносить ущерб как природным объектам (уничтожение растений, гибель животных, замутнение нерестовых рек, локальное изменение ландшафта), так и хозяйственным (разрушение и повреждение зданий, затопление сельхозугодий, завалы и смыв дорожного полотна, мостов и пр.). Отдельно следует сказать о человеческих жертвах, к которым может приводить сход антропогенных селей. Обострение этой проблемы в настоящее время обусловлено расширением территории городской застройки в зонах транзита и аккумуляции селей, а также увеличением количества отвалов породы и искусственно созданных насыпей в селеопасных зонах.

На о. Сахалин формирование антропогенных селей отмечено в районах добычи каменного угля вдоль западного побережья (Невельский, Углегорский районы), районах трасс трубопроводов (Макаровский район), ЛЭП (Анивский район), карьеров по добыче камня для строительства (Южно-Сахалинский муниципальный округ).

Объемы накопленного в отвалах материала могут достигать нескольких миллионов кубических метров. При обводнении этих отвалов в результате интенсивного снеготаяния или выпадения ливневых дождей формируются сели.

Проблема антропогенных селей не является специфической именно для о. Сахалин, сели распространены по всему миру [Ефремов, 2012; Сократов и др., 2013; Казаков, 2014; Su, Miller, 1995; Yanites et al., 2006]. Несмотря на внимание к этой проблеме на о. Сахалин [Генсиоровский и др., 2008; Генсиоровский, Казаков, 2009 а, b; Музыченко и др., 2015], она все еще остается недостаточно изученной.

В данной статье проведен комплексный обзор случаев схода антропогенных селей на острове в 2002–2019 гг., их особенностей и наносимого ими ущерба.

Основой послужил анализ информации, полученной из научных публикаций и в результате полевых наблюдений.

Наблюдения проводились сотрудниками Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН

в период 2006–2019 гг. Определялись характеристики селей по оставленным ими следам (измерялся пробег селей, мощность и объем отложений, высота заплеска селевой волны и т.д.) [РД 52.30.238-90].

С помощью сравнительного анализа спутниковых снимков одних и тех же территорий за 2002–2019 гг., доступных в программе Google Earth, были выполнены изображения исследуемых объектов и проведена оценка изменения площади территорий, подвергшихся воздействию антропогенных селей.

Результаты и обсуждение

Факторы образования селей

Антропогенные селевые процессы распространены в разных частях о. Сахалин. Этому способствуют особенности рельефа большей части острова, представляющего из себя средневысотные горы с наивысшей отметкой 1609 м [Атлас Сахалинской области, 1967]. При этом подавляющая часть горного рельефа значительно расчленена – на глубину до 500–1000 м, а крутизна склонов достигает 35–50° [Генсировский, 2011].

В регионе значительно развиты отложения неогена, палеогена и верхнего мела, представленные аргиллитами, алевролитами и песчаником [Атлас Сахалинской области, 1967]. Данные породы являются слабосцементированными, и их устойчивость к размыванию и размоканию крайне низка, что приводит к интенсивному разложению этих пород, находящихся на поверхности, и достаточно быстрому накоплению ПСМ [Генсировский, 2011].

Для Сахалинской области в большинстве случаев пусковым механизмом селеобразования является выпадение интенсивных жидких осадков. При наложении таких осадков на пик снеготаяния вероятность схода селей увеличивается. Во время прохождения сильных осадков рыхлообломочный материал обводняется до степени перехода в текучее состояние и образует селевой поток. В зависимости от степени увлажнения ПСМ, селеобразующая сумма осадков составляет от 10–20 мм до 30–50 мм в сутки. В течение года наблюдаются два периода интенсивного увлажнения грунтов, ведущего к активизации экзогенных геологических процессов – весенне-летний (май–июнь) и летне-осенний

(июль–октябрь). Первый период характеризуется сочетанием снеготаяния и выпадения осадков, второй – выходом на территорию Сахалинской области тропических циклонов и тайфунов с большим количеством осадков [Генсировский и др., 2008].

Освоение новых территорий увеличивает антропогенную нагрузку на них. Отвалы вскрышных пород при разработке новых месторождений и отвалы пустой породы на уже действующих формируют антропогенные ПСМ. При строительстве линейных объектов также производится перемещение масс грунта (разработка выемок, складирование грунта на бортах долин и в руслах водотоков), возникают искусственные водоемы, из-за прорыва дамб которых возможно формирование селевых потоков. При этом в случае завоза материала с других территорий состав и физико-механические свойства грунтов, образующих антропогенные ПСМ, могут отличаться от характеристик пород, типичных для вмещающих их селевых бассейнов [Генсировский и др., 2019]. В зависимости от гранулометрического состава антропогенных ПСМ из этих массивов формируются наносоводные, грязевые и грязекаменные селевые потоки [Перов, 1996].

Вероятность образования селей повышается при нарушениях, допускаемых лесозаготовителями, когда сплошная вырубка леса производится без принятия мер по восстановлению лесных насаждений. Лесные пожары, в большинстве своем имеющие антропогенный характер, также увеличивают скорость эрозионных процессов на склонах, что вносит свой вклад в формирование ПСМ.

Любые объекты, расположенные в селевых бассейнах, влияют на динамику селевых процессов. Даже различные противоселевые сооружения не всегда уменьшают последствия схода селевых потоков, а иногда способствуют увеличению объемов и динамических характеристик, таких как скорость и расход. Подобные случаи известны в Крыму, Карпатах, Казахстане [Селеопасные районы... , 1976].

Отдельно стоит отметить роль водохранилищ и гидротехнических сооружений. Их строительство на селеносных реках может играть как положительную, так и отрицательную роль с точки зрения селевой безопасности. Водохранилище может стать

селеуловителем для селевого потока небольшого объема, однако при прорыве сооружения вследствие выпадения большого количества осадков и/или интенсивного снеготаяния, а также при разрушении (повреждении) плотины во время землетрясения возможно формирование селевого потока катастрофического объема.

Таким образом, к возникновению антропогенных селевых комплексов приводят следующие виды деятельности: формирование антропогенных ПСМ – отвалов при разработке карьеров, строительстве линейных сооружений и т.п.; изменение характеристик селевых процессов при проведении работ в селевых бассейнах (строительство гидротехнических и противоселевых сооружений, распашка склонов, вырубка лесов в пределах селевых бассейнов и т.п.).

Проявления антропогенных селей на о. Сахалин

По повторяемости антропогенные сели на острове можно разделить на две условные группы: сели, которые сошли единожды, после чего не создавалось условий для их повторения, и сели, которые сходят регулярно, при этом постоянно увеличивается масштаб их воздействия на территорию.

Антропогенные сели разового проявления, как правило, вызваны ошибками проектирования или строительства объектов, а также их ненадлежащим обслуживанием, в результате чего сложились условия для формирования

селевых потоков. При этом не исключена и вероятность повторного схода селей такого типа.

Одним из примеров селей разового проявления служит сход антропогенного селевого потока в районе с. Успенское (Анивский район) в 2015 г. (рис. 2). Сель сформировался в результате неграмотно выполненных работ по прокладке линии электропередач. Песчаным грунтом был пересыпан малый водоток протяженностью 300 м, вследствие чего образовался искусственный водоем. При выпадении небольшого количества осадков произошел прорыв дамбы этого водоема и образовался селевой поток. Объем вынесенного материала составил приблизительно 1500 м³. Сель прошел 180 м и выплеснулся на полотно автодороги Южно-Сахалинск – Холмск.

Другим примером селевых потоков подобного типа может служить сход селей на протяжении лесовозной дороги в Тымовском районе от населенного пункта Палево к восточному побережью Охотского моря, идущей через Чамгинский перевал. При прокладке дороги в местах пересечения ею небольших рек сооружались бревенчатые водопропускные сооружения, поверх которых насыпались грунтовые дамбы для выравнивания дорожного полотна. После того как дорога была заброшена и ее обслуживание и ремонт прекращены, водопропускные сооружения начали забиваться русловыми отложениями и карчами (целыми деревьями с корнями, подмытыми и снесенными водой). Таким образом, выше дамб формировались водоемы, и при выпадении интенсивных осадков

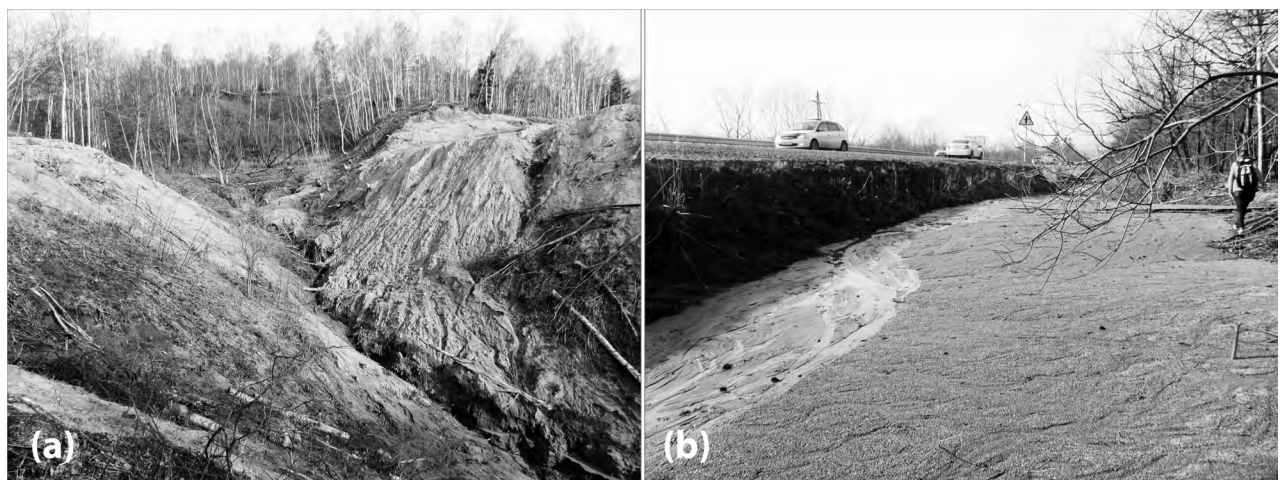


Рис. 2. Сель в районе с. Успенское, 2015 г. (а) – зона зарождения, (б) – селевые отложения. *Фото Е.Н. Казаковой*
Figure 2. Debris flow near Uspenskoe settlement, 2015. (a) – origination zone, (b) – debris flow sediment.
Photo by E.N. Kazakova

в летне-осенний период дамбы прорывались. Прорывная волна формировала сели из материала дамб (бревна, насыпной грунт), нанесенного мусора с включением в поток русловых отложений ниже по течению. Ввиду остановки эксплуатации дороги дамбы не восстанавливались, поэтому в дальнейшем вероятность формирования водоемов, способных вызвать сход прорывных селей, снизилась.

На территории населенных пунктов о. Сахалин также фиксируются случаи формирования антропогенных селевых потоков. Например, складирование строительных грунтов без водоотводных мероприятий и без учета геологического строения в г. Холмск привело к образованию в 2010 г. антропогенного селевого потока в районе комплекса зданий мореходного училища по ул. Макарова, д. 1, где с бровки площадки под разворот автотранспорта сошел оползень. Далее, в связи с большим поступлением воды (водотвод с проезжей части улицы не обеспечен, строительными грунтами было полностью перекрыто русло малого водотока), оползень трансформировался в селевой поток (рис. 3), который прошел около 500 м и замыл водопропускное устройство на железной дороге. Объем отложений антропогенного селевого потока составил 1000 м³.

К антропогенным селям регулярно проявляются относятся главным образом те селевые потоки, образованию которых способствует деятельность предприятий



Рис. 3. Зона транзита селя в г. Холмск, 2010 г.
Фото Ю.В. Генсировского

Figure 3. Debris flow transit zone in Kholmsk town, 2010.
Photo by Yu. V. Gensiorovskiy

по добыче полезных ископаемых, когда отвалы пород не только постоянно поддерживаются в объеме, но и увеличиваются с развитием производства.

В качестве примера можно привести сход селей на карьере Лиственничном (склон г. Медика, Сусунайский хр.), где были зафиксированы два случая образования относительно крупных для данного бассейна селей: 10 тыс. м³ и 15 тыс. м³ (2009 и 2013 гг. соответственно) [Музыченко и др., 2015], не считая регулярно сходящих селей небольших объемов. Селевыми потоками на данной территории было уничтожено около 4 га леса (рис. 4).

Анализ спутниковых снимков (программа Google Earth) показывает, что с 2009 г. протяженность зоны увеличилась с 700 до 1300 м, а площадь, покрытая отложениями, – с 0.2 до ~4 га (рис. 5 и 6).

Начиная с 2014 г. зона отложений достигла русла р. Хомутовка, при этом часть твердого материала была перемещена дальше вниз по течению реки, которая является нерестовой.

Из-за отложений в устье безымянного ручья постоянно происходят изменения его русла. Лес в этой зоне уничтожен. При сходе очередного крупного селя с карьера Лиственничный возможно подпруживание р. Хомутовка с дальнейшим прорывом дамбы и формированием селевого потока еще большего масштаба, что может угрожать расположенным ниже по течению объектам инфраструктуры планировочного района Хомутово (г. Южно-Сахалинск), пересекающим реку автодорогам и мостовым переходам через нее.



Рис. 4. Лес, уничтоженный селевыми отложениями карьера Лиственничный. Май 2019 г.
Фото Л.Е. Музыченко

Figure 4. Forest destroyed by debris flow sediment from the Listvennichnyi quarry. May 2019.
Photo by L.E. Muzychenko

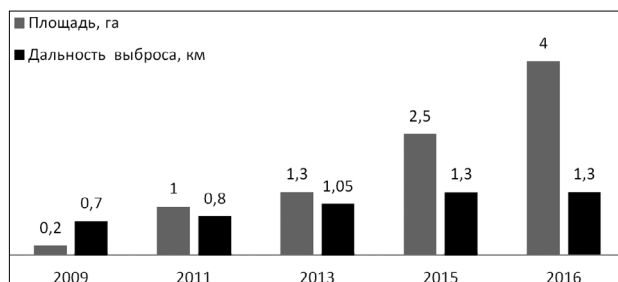


Рис. 5. Увеличение дальности выброса селей и площади зоны селевых отложений в долине безымянного ручья ниже карьера Лиственничный.

Figure 5. Debris flows runout distance and accumulation zone increase in nameless river valley downstream the Listvennichnyi quarry.

На других карьерах также регулярно образуются сели, что можно наблюдать по космическим снимкам (Google Earth). В районе ряда населенных пунктов, где находятся карьеры, в период с 2002 по 2017 г. фиксировался сход антропогенных селей, а площади, подвергшиеся воздействию селей, по подсчетам авторов, составили: Сокол (рис. 7) – 0.85 га, Бошняково – 3.6 га, Тельновское – 0.44 га, Краснополье – 1.2 га, Ольховка – 12.6 га. Дальнейшее расширение этих селевых бассейнов угрожает сельскохозяйственным угодьям, нерестовым рекам, объектам транспортной инфраструктуры.

Характерным примером линейных объектов, где наблюдается регулярный сход селей, является трасса нефтегазопроводов по проекту «Сахалин-2». Общая протяженность селеопасных участков трассы составляет около 20 км.

Территории, вмещающие потенциальные селевые бассейны, подверглись при строи-

тельстве значительному воздействию (была нарушена целостность дернового покрова, вырублены леса в селевых руслах и т.д.), что привело к изменению характеристик селевых бассейнов и динамики селевых процессов вдоль протяженности объекта.

Во время прокладки трассы производилось расширение узких водоразделов, вылаживание склонов, срез и перемещение больших объемов грунтов (до нескольких миллионов кубометров). На водоразделе рек Пулька и Можайка сотрудники Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН зафиксировали объем таких грунтов не менее 1 млн м³. Многочисленные случаи складирования грунтов (десятки тысяч кубометров) на склонах и днищах долин таких селеносных рек, как Кринка, Кармовая, Можайка, Пулька и др., отмечались при обследовании территории в 2006–2007 гг. Наличие отвалов грунта в поймах рек и на бортах долин привело к образованию антропогенных грязевых селевых потоков в бассейнах рек Кринка и Лазовая летом 2007 г. Несколько грязевых селей объемом до 3 тыс. м³ сформировались из антропогенных грунтов и прошли по руслам ряда нерестовых рек, перекрыв их селевыми отложениями мощностью до 1.2 м на протяжении 100–300 м [Казаков, Генсиоровский, 2008].

Выходы грязекаменных селевых потоков в створ трассы нефтегазопроводов «Сахалин-2» были отмечены на участках трассы, проходящих в горной части Макаровского района в бассейнах рек Макарова, Лесная, Лазовая и у подножия хр. Жданко при прохождении глубокого циклона 22–24 июня

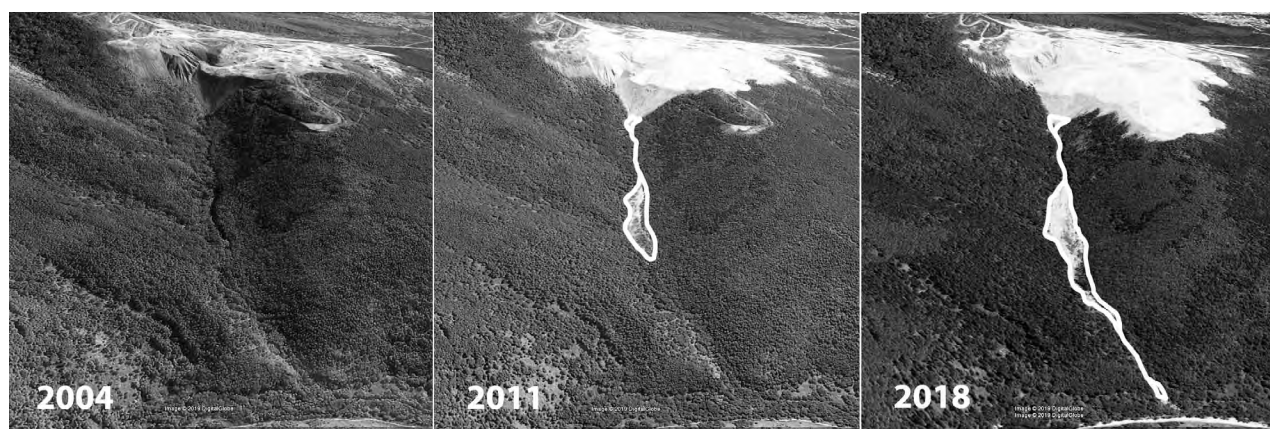


Рис. 6. Долина безымянного ручья ниже карьера Лиственничный (зоны транзита и аккумуляции селей выделены белым).

Figure 6. The nameless river valley downstream the Listvennichnyi quarry (the transit and accumulation zones are outlined with white line).

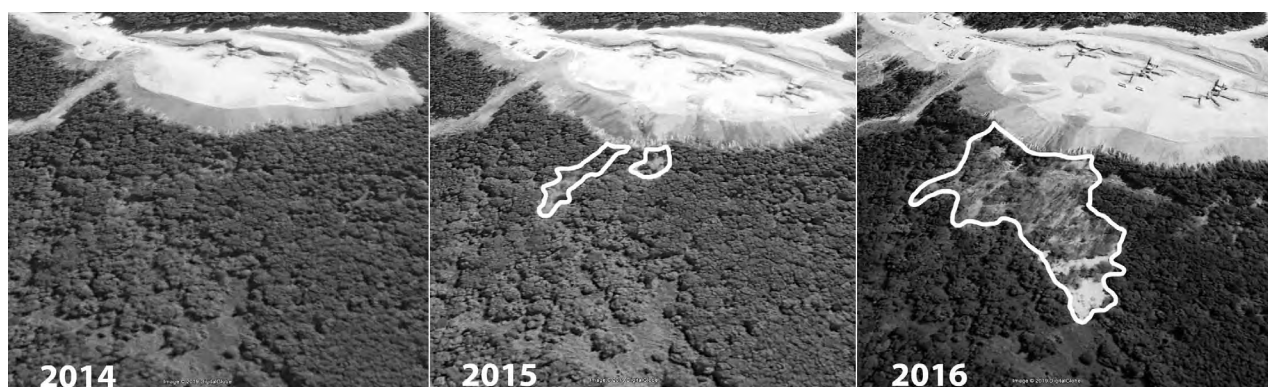


Рис. 7. Увеличение зоны воздействия антропогенных селей с карьера на ландшафт, район пос. Сокол (зона аккумуляции выделена белым).

Figure 7. The increase of the impact zone of anthropogenic debris flows from the quarry to the landscape, the area of the Sokol settlement (the accumulation zone is outlined with white line).

2009 г. Объемы селей не были значительными (500–1500 м³) [Генсиоровский, Казаков, 2009b], однако вызвали повреждения защитных инженерных сооружений: на р. Пулька были подмыты габионы на протяжении 400 м, в верховьях р. Травяная послеселевой паводок смыл каменную наброску по оси створа трассы нефте- и газопровода. Большое количество селей было зафиксировано на подъездных дорогах к трассе нефтегазопроводов. 15 селей объемом до 1000 м³ отмечено на участке подъездной дороги длиной 5 км в районе р. Макарова. Отложения полностью блокировали подъезды к трассе [Генсиоровский, Казаков, 2009b]. Часть этих селевых потоков имела антропогенный характер, часть – природный, но при проходе природных селей через ось трассы происходил срыв антропогенного материала, что приводило к увеличению объема потоков.

В некоторых случаях переувлажнение больших масс грунтов может приводить к образованию не селей, а оползней-потоков. В поселке Горнозаводск Невельского района в мае 2018 г. произошел сход оползня-потока из материалов отвала вскрышных пород карьера по добыче угля (рис. 8).

Такое явление, как оползень-поток, занимает промежуточное положение между селем и оползнем. В случае схода оползня-потока происходит пластическое течение насыщенных водой глинистых пород, и такой поток не является турбулентным, в отличие от селевого [Полунин, 1989]. По измерениям сотрудников Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН, высота фронта потока превышала 10 м, отложениями была заполнена небольшая долина шириной от 50 до 100 м и протяженностью 2000 м, мощность отложений составила 2–6 м. Были разрушены несколько жилых



Рис. 8. Отложения оползня-потока в пос. Горнозаводск, 2018 г. Фото Е.Н. Казаковой

Figure 8. Mudflow sediment in Gornozavodsk settlement, 2018. Photo by E.N. Kazakova

домов, хозяйственные постройки, в подсобном хозяйстве погибли домашние животные. Поток остановился в 10–20 м от улицы Бамбуковой. Опасность повторения такого события сохраняется, так как на территории карьера остается достаточно твердого материала для образования оползней-потоков и селей.

Заключение

На о. Сахалин за период с 2009 по 2019 г. зарегистрирован сход более 30 антропогенных селей объемом от 1 до 20 тыс. кубометров. Потенциально условия для формирования селей существуют на отвалах большинства карьеров, на трассе нефтегазопроводов проекта «Сахалин-2» и других объектах.

Источником питания твердым материалом для селей могут служить карьеры, на которых деятельность была прекращена, но не проведена рекультивация территорий, ввиду чего там сохраняются потенциальные селевые массивы большого объема, достаточно для формирования селей весьма крупных масштабов. Сход наиболее крупных селей зафиксирован именно с отвалов карьеров. Сели меньших размеров чаще вызываются нарушениями при строительстве линейных объектов.

Количество селей и площади, подвергающиеся их воздействию, с каждым годом увеличиваются по причине постоянного роста объема антропогенных потенциальных селе-

вых массивов, а также развития эрозионных процессов в грунтах антропогенного происхождения.

Ранее уже отмечалось, что, несмотря на широкое распространение природных и антропогенных селей на территории о. Сахалин, мероприятия по защите автомобильных и железных дорог, объектов городской инфраструктуры и др. проводятся в недостаточном объеме, ввиду их высокой стоимости и невнимания к проблеме опасности селей со стороны властей. При этом, когда защитные инженерные сооружения выполнены с ошибками, они могут быть разрушены природными селевыми потоками, а твердый материал, образующийся при их разрушении, включается в потоки, увеличивая их масштабы.

Для своевременного принятия мер по предотвращению негативных последствий хозяйственной деятельности требуется непрерывный мониторинг объектов (карьеров, линейных объектов и др.), функционирование которых потенциально увеличивает селевую опасность, а также тех, где селевая активность уже проявляется в течение ряда лет. Мониторинг состоит в регистрации проявлений антропогенной селевой деятельности с фиксацией изменения характеристик как самих потоков, так и территорий, подвергающихся их воздействию.

Список литературы

1. *Атлас Сахалинской области*. 1967. М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР, 135 с.
2. Виноградов Ю.Б. 1980. *Этюды о селевых потоках*. Л.: Гидрометеиздат, 144 с.
3. Генсировский Ю.В. 2011. *Экзогенные геологические процессы и их влияние на территориальное планирование городов (на примере о. Сахалин)*: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Иркутск, 16 с.
4. Генсировский Ю.В., Казаков Н.А. 2009а. Активизация экзогенных геологических процессов на Южном Сахалине 22–24 июня 2009 года. *Геориск*, 2: 56–60. URL: http://www.geomark.ru/journals_list/zhurnal-georisk-22009/ (дата обращения: 02.07.2020).
5. Генсировский Ю.В., Казаков Н.А. 2009б. Воздействие экзогенных геодинамических и русловых процессов на трассу нефтегазопроводов проекта «Сахалин-2» летом 2009. *Геориск*, 4: 41–45. URL: http://www.geomark.ru/journals_list/zhurnal-georisk-42009/ (дата обращения: 02.07.2020).
6. Генсировский Ю.В., Казаков Н.А., Рыбальченко С.В. 2008. Гидрометеорологические условия периодов массового селеобразования на о. Сахалин. В кн.: *Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Труды Междунар. конф., Пятигорск, 22–29 сент. 2008 г.* Севкавгипроводхоз, Межрегион. обществ. орг. «Селевая ассоциация». Пятигорск, 95–98. URL: <http://www.fegi.ru/elibrary/articles/glaciology/496-gensirovsky003/file> (дата обращения: 02.07.2020).
7. Генсировский Ю.В., Ухова Н.Н., Штельмах С.И., Гринь Н.Н., Степнова Ю.А. 2019. Интенсификация развития экзогенных геодинамических процессов в районах размещения крупных линейных объектов, связанная с изменениями характеристик грунтов. *Геодинамика и тектонофизика*, 10(3): 697–714. <https://doi.org/10.5800/GT-2019-10-3-0436>

8. Ефремов Ю.Б. **2012**. Антропогенные селевые потоки в бассейне реки Мзымта. В кн.: *Труды междунар. семинара к 10-летию катастрофы на леднике Колка 20 сентября 2002 г. «Опасные природные процессы в горах: уроки Кармадонской катастрофы»*. Владикавказ: Иростон, 15–16.
9. Казаков Н.А. **2014**. Техногенные сели в Красной Поляне. В кн.: *Сб. трудов III Междунар. конф. «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита»*. Южно-Сахалинск: Сах. фил. ДВГИ ДВО РАН, 202–205. URL: <http://www.fegi.ru/elibrary/conf/156-selevye-potoki-2014/file>
10. Казаков Н.А., Генсировский Ю.В. **2008**. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкорельефной о. Сахалина как факторы риска для нефтегазопроводов «Сахалин-2». *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*, 6: 483–496.
11. Казакова Е.Н., Казаков Н.А., Генсировский Ю.В. **2018**. Защита от селевых потоков на острове Сахалин. В кн.: *Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Труды 5-й Междунар. конф., Тбилиси, Грузия, 1–5 октября 2018 г.* Тбилиси: Универсал, с. 351–356.
12. Музыченко А.А., Павлов В.С., Павлов А.С. **2015**. Формирование антропогенных селевых потоков с карьеров (на примере карьера «Лиственничный»). В кн.: *Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всерос. науч. конф. с междунар. участием: сб. материалов: в 2 т.* Ред. Б.В. Левин, О.Н. Лихачева, т. 2: 346–349. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29146655>
13. Перов В.Ф. **1996**. *Селевые явления: Терминологический словарь*. М.: Изд-во Московского ун-та, 34 с. URL: https://www.debrisflow.ru/wp-content/uploads/2015/09/Dictionary_Perov.pdf
14. Перов В.Ф. **2012**. *Селеведение*. М.: МГУ, 271 с.
15. Полуниин Г.В. **1989**. *Динамика и прогноз экзогенных процессов*. М.: Наука, 232 с.
16. РД 52.30.238-90 **1990**. *Руководство селестоковым станциям и гидрографическим партиям*. Вып. 1. М.: Гидрометеиздат, 199 с.
17. *Селеопасные районы Советского Союза*. **1976**. Под ред. С.М. Флейшмана и В.Ф. Перова. М.: Изд-во МГУ, 293 с.
18. Сократов С.А., Селиверстов Ю.Г., Шныпарков А.Л., Колтерманн К.П. **2013**. Антропогенное влияние на лавинную и селевую активность. *Лед и снег*, 53(2): 121–128. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-2-121-128>
19. Su W.X., Miller H.D.S. **1995**. Waste pile stability and debris flow formation. In: *The 35th U.S. Symposium on Rock Mechanics (USRMS), 5–7 June, Reno, Nevada*. Balkema, Rotterdam, 831–835.
20. Yanites B.J., Webb R.H., Griffiths P.G., Magirl C.S. **2006**. Debris flow deposition and reworking by the Colorado River in Grand Canyon, Arizona. *Water Resources Research*, 42(W11411). <https://doi.org/10.1029/2005WR004847>

References

1. *Atlas Sakhalinskoy oblasti [Atlas of Sakhalin Region]*. **1967**. М.: Glavnoye upravleniye geodezii i kartografii pri Sovete ministrov SSSR [Chief Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR], 135 p.
2. Vinogradov Yu.B. **1980**. *Etyudy o selevykh potokakh [Mudflow studies]*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 144 p.
3. Gensirovskiy Yu.V. **2011**. *Ekzogennyye geologicheskiye protsessy i ikh vliyaniye na territorial'noye planirovaniye gorodov (na primere o. Sakhalin) [Exogenous geological processes and their influence on the territorial planning of cities (on the example of Sakhalin Island)]*: [extended abstract of cand. of geol. and miner. sciences diss.]. Irkutsk, 16 p.
4. Gensirovskiy Yu.V., Kazakov N.A. **2009a**. Aktivizatsiya ekzogennykh geologicheskikh protsessov na Yuzhnom Sakhaline 22–24 iyunya 2009 goda [Activization of exogenous geological processes in South Sakhalin on June 22–24, 2009]. *Georisk [Geohazard]*, 2: 56–60. URL: http://www.geomark.ru/journals_list/zhurnal-georisk-22009/ (accessed 02.07.2020).
5. Gensirovskiy Yu.V., Kazakov N.A. **2009b**. [The impact of exogenous geodynamic and river channel processes on the pipeline route of the Sakhalin-2 project in the summer of 2009]. *Georisk [Geohazard]*, 4: 41–45. URL: http://www.geomark.ru/journals_list/zhurnal-georisk-42009/ (accessed 02.07.2020).
6. Gensirovskiy Yu.V., Kazakov N.A., Rybal'chenko S.V. **2008**. [Gidrometeorological conditions of periods of mass debris flow occurrence on Sakhalin Island]. In: *Selevyye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita: Trudy Mezhdunar. konf., Pyatigorsk, 22–29 sent. 2008 g. [Debris flow: disasters, hazard, prediction, defence: Proceedings of the Intern. Conf., Pyatigorsk, September 22–29, 2008]*. Pyatigorsk: Sevkavgirovodkhoz, Mezhhregion. obshchestv. org. «Selevaya assotsiatsiya» [Sevkavgirovodkhoz, “Debris flow association” the Interregional public organization], 95–98. URL: <http://www.fegi.ru/elibrary/articles/glaciology/496-gensirovsky003/file> (accessed 02.07.2020).

7. Gensiorovskiy Yu.V., Ukhova N.N., Shtel'makh S.I., Grin' N.N., Stepnova Yu.A. **2019**. [Intensification of dynamic processes in areas with large linear objects associated with changes in the characteristics of soils]. *Geodinamika i tektonofizika = Geodynamics and Tectonophysics*, 10(3): 697–714.
<https://doi.org/10.5800/GT-2019-10-3-0436>
8. Efremov Yu.B. **2012**. [Antropogenic debris flows in the basin of the Mzymta river]. In: *Trudy mezhdunar. seminar k 10-letiyu katastrofy na lednike Kolka 20 sentyabrya 2002 g. «Opasnyye prirodnyye protsessy v gorakh: uroki Karmadonskoy katastrofy»* [Proceedings of International Workshop for the 10th anniversary of the catastrophe at the Kolka glacier September 20, 2002. "Natural hazards in mountains: lessons to be learned"]. Vladikavkaz: Iriston, 15–16.
9. Kazakov N.A. **2014**. Technogenic debris flow on the territory of Krasnaya Polyana. In: *III International Conf. «Debris flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection»: proceedings, Yuzhno-Sakhalinsk, September 22–26, 2014*. Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalin Dep. of Far East Geological Institute of FEB RAS, 202–205.
URL: <http://www.fegi.ru/elibrary/conf/156-selevye-potoki-2014/file> (In Russ.).
10. Kazakov N.A., Gensiorovskiy Yu.V. **2008**. Ekzogennyye geodinamicheskiye i ruslovyye protsessy v nizkogor'ye o. Sakhalina kak faktory riska dlya neftegazoprovodov «Sakhalin-2» [Exogenous geodynamic and river channel processes in the low-mountains area of Sakhalin Island as risk factors for the "Sakhalin-2" oil and gas pipelines]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* [Geocology, Engineering geology, Hydrogeology, Geocryology], 6: 483–496.
11. Kazakova E.N., Kazakov N.A., Gensiorovskiy Yu.V. **2018**. Debris flow protection on Sakhalin Island. In: *Debris flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection: Proceedings of the 5th International Conf. Tbilisi, Georgia, 1–5 October 2018*. Tbilisi: Universal, p. 351–356.
12. Muzychenko A.A., Pavlov V.S., Pavlov A.S. **2015**. [Formation of antropogenic debris flows from the quarries (by the example of the "Listvennichnyy" quarry)]. In: *Geodinamicheskiye protsessy i prirodnyye katastrofy. Opyt Neftegorsk: Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiyem: sb. materialov* [Geodynamic processes and natural disasters. Experience of Neftegorsk: All-Russian Scientific Conf. with international participation: collection of proceedings]: in 2 vol. Ed. B.W. Levin, O.N. Likhacheva, vol. 2: 346–349.
URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29146655>
13. Perov V.F. **1996**. [Mudflow phenomena: Terminological dictionary]. M.: Izd-vo Moskovskogo un-ta [Publ. House of Moscow State University], 34 p.
URL: https://www.debrisflow.ru/wp-content/uploads/2015/09/Dictionary_Perov.pdf
14. Perov V.F. **2012**. *Selevedeniye* [Mudflow studies]. M.: MGU [MSU], 271 p.
15. Polunin G.V. **1989**. *Dinamika i prognoz ekzogennykh protsessov* [Dynamics and forecast of exogenous processes]. M.: Nauka, 232 p.
16. RD 52.30.238-90 **1990**. *Rukovodstvo selestokovym stantsiyam i gidrograficheskimi partiyam* [Guidelines for mudflow runoff stations and hydrographic parties]. Iss. 1. M.: Gidrometeoizdat, 199 p.
17. *Seleopasnyye rayony Sovetskogo Soyuza* [Mudflow vulnerable areas of the Soviet Union]. **1976**. Eds. S.M. Fleyshman, V.F. Perov. M.: Izd-vo MGU [MSU], 293 p.
18. Sokratov S.A., Seliverstov Y.G., Shnyarkov A.L., Koltermann K.P. **2013**. Anthropogenic effect on avalanche and debris flow activity. *Ice and Snow*, 53(2): 121–128. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2013-2-121-128>
19. Su W.X., Miller H.D.S. **1995**. Waste pile stability and debris flow formation. *The 35th U.S. Symposium on Rock Mechanics (USRMS), 5–7 June, Reno, Nevada*. Balkema, Rotterdam, 831–835.
20. Yanites B.J., Webb R.H., Griffiths P.G., Magirl C.S. **2006**. Debris flow deposition and reworking by the Colorado River in Grand Canyon, Arizona. *Water Resources Research*, 42(W11411).
<https://doi.org/10.1029/2005WR004847>

Об авторах

МУЗЫЧЕНКО Леонид Евгеньевич, ведущий инженер, лаборатория лавинных и селевых процессов, Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН (СФ ДВГИ ДВО РАН), Южно-Сахалинск, allixev@yandex.ru

КАЗАКОВА Екатерина Николаевна (ORCID 0000-0002-5774-4030), кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории экзогенных геодинамических процессов и снежного покрова, Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН (СКБ САМИ ДВО РАН), старший научный сотрудник, научно-исследовательский центр «Геодинамика», Южно-Сахалинск, kazakova-e-n@ya.ru