



Сели 4 сентября 2017 г. на Охотоморском побережье о. Парамушир, Курильские острова

Т.А. Котенко, Л.В. Котенко

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
Россия, sinarka2017@mail.ru*

Аннотация. В статье публикуются материалы комплексного (полевого и камерального) исследования селей, сошедших 4 сентября 2017 г. по руслам р. Юрьева и девяти безымянных ручьев охотоморского побережья о. Парамушир. Пеший туризм очень популярен на острове. Река Юрьева является привлекательным природным объектом Северных Курил и обладает большим рекреационным потенциалом благодаря Верхне-Юрьевским горячим источникам. Однако периодически активизирующиеся селевые процессы практически не изучены и поэтому представляют угрозу для будущего развития туризма. Авторами определены основные характеристики селей, морфологические и геологические факторы селеобразования. Реализация селевого процесса стала возможна благодаря геолого-геоморфологическим особенностям речных бассейнов: большие уклоны русел и прилегающих склонов; интенсивное физическое и химическое выветривание горных пород, а также сейсмическая активность, способствующие накоплению рыхлообломочного материала (в т.ч. пирокластического) в седиментационных ловушках. Кроме того, пепел текущего извержения вулкана Эбеко, активно поступавший в русло, способствовал повышению мутности водотоков, усиливая их эрозионную способность. Наиболее мощный селевой процесс наблюдался в долине р. Юрьева: общая площадь очагов составила 16% от площади речного бассейна. В ходе исследования для бассейна р. Юрьева были также выявлены особенности механизма развития селевого процесса. На притоках основной реки формировались преимущественно водокаменные потоки. Они выносили материал в главное русло, где водокаменный селъ уже трансформировался в грязекаменный, сформировав в итоге обширный конус выноса и достигнув морского побережья. Селеобразующая сумма осадков составила около 100 мм на высоте 24 м. Полученные материалы в дальнейшем могут быть использованы для уточнения карт селевой опасности о. Парамушир.

Ключевые слова: *дождевой селъ; отложения; остров Парамушир; конус выноса; селевые очаги; лахар; эрозия; вулкан Эбеко*

Ссылка для цитирования: Котенко Т.А., Котенко Л.В. Сели 4 сентября 2017 г. на Охотоморском побережье о. Парамушир, Курильские острова. 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. 97–110.

Debris flows on September 4, 2017 on the Okhotsk coast of Paramushir Island, Kuril Islands

T.A. Kotenko, L.V. Kotenko

*Institute of Volcanology and Seismology, Far Eastern Branch, Russian Academy of
Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, sinarka2017@mail.ru*

Abstract. In the article the materials of the complex (field and cameral) study of debris flows that have occurred along the Yuryeva River bed and the beds of nine unnamed streams on the Okhotsk coast of Paramushir Island on 4 September 2017 are published. Hiking is a popular type of tourism on the Islands. Yurieva River is an attractive natural site and has a great recreational potential due to the presence of Upper Yuriev hot springs.

However, debris flow processes periodically occurring in this valley are poorly studied and therefore pose a threat to the future development of tourism. The authors define its basic characteristics, morphological and geological factors of debris flow formation. "Favorable" geological and geomorphological features of the river catchments have also played an important role. They are: steep slopes of the river bed; intensive physical and chemical weathering of rocks, as well as seismic activity, contributing to the accumulation of loose material (including pyroclastic) in sedimentation traps. In addition, the ash of Ebeko current volcanic eruption, which actively entered the channels, contributed to the turbidity of water, increasing their erosion capacity. The most powerful debris flow process was observed in the Yuriev river catchment. Mainly water-rock flows were formed on the tributaries of the main river. They carried the material into the main channel, where the water-rock flow transformed into debris flow. The last one formed a vast fan and reached the sea coast. The debris flow forming precipitation was about 100 mm at an altitude of 24 m. In the future the obtained materials can be used to check up the maps of Paramushir Island debris flow hazard.

Key words: rain debris flow; Paramushir Island; sediments; fan; debris flow original sites, lahar; erosion, Ebeko volcano

Cite this article: Kotenko T.A., Kotenko L.V. Debris flows on September 4, 2017 on the Okhotsk coast of Paramushir Island, Kuril Islands. 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. 97–110.

Введение

Район исследования расположен в северной части о. Парамушир, Курильские острова на охотоморском склоне хребта Вернадского в широтном диапазоне 50°41' – 50°46' с.ш. Протяженность участка по береговой линии составляет 9,2 км. При прохождении тайфуна «Санву» 4 сентября 2017 г. в бассейне р. Юрьева и прилегающих бассейнах ручьев без названия (РО1-9) (рис. 1) сформировались селевые потоки, ставшие частью процесса массового схода селей дождевого генезиса в северной части о. Парамушир [Котенко, 2018].

Специальных исследований селеопасности данных речных бассейнов до сих пор не проводилось, так как эта территория не осваивается в жилом или промышленном аспекте. Однако, в связи с интенсивным развитием туризма на Курильских островах, побережье острова и, особенно река Юрьева, становятся все более посещаемыми туристическими группами в летний период, поскольку по бортам и в ложе реки имеются многочисленные выходы высокоминерализованных ультракислых Верхне-Юрьевских горячих источников [Калачева, Котенко, 2013]. Выходы источников локализованы на участке абсолютных высот 370 - 600 м н.у.м. протяженностью около 1 км. Из-за узости долины места для ночевки часто выбираются на относительно ровных террасах, которые сформированы селевыми отложениями. В то же время морфологические, геологические, метеорологические, гидрологические условия данной территории, близость действующего вулкана Эбеко, сейсмоактивность региона создают условия для высокой селевой опасности [Атлас, 2009; Мальнева и др., 2014; Мелекесцев, 2006; Рыбальченко, 2012].

Представленные в работе результаты исследований базируются на следующих материалах:

- данные полевого обследования селевых отложений и русловых деформаций в бассейнах р. Юрьева и ручьев;
- данные фотосъемки, выполненной до селя и после него;
- спутниковые снимки, доступные на сервисе Google Earth (до селя) и снимки со спутника WorldView-2 за 6 и 13 сентября 2017 г. с

пространственным разрешением 0,46 м/пиксель (источник: <http://catalog.sovzond.ru>);

- метеорологические данные ближайшего пункта метеонаблюдений (аэрологической станции «Северо-Курильск»).

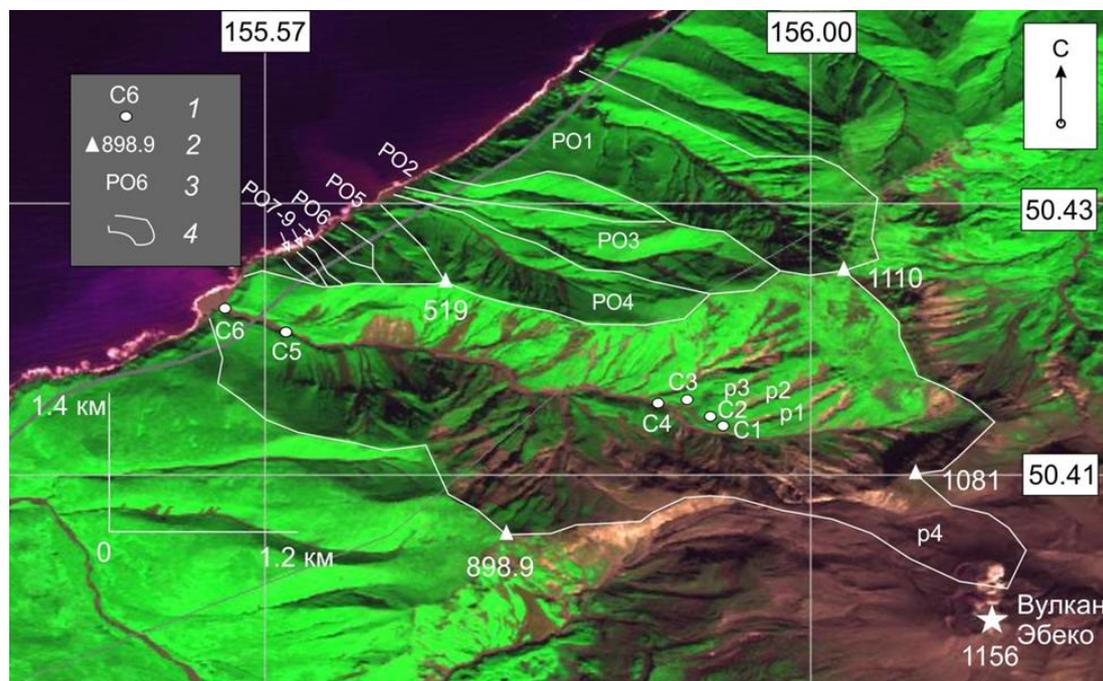


Рис. 1. Карта района. *Обозначения:* 1 - расчетные створы в русле р. Юрьева; 2 - главные высотные отметки (м н.у.м.); 3 - ручьи; 4 - границы водосборных бассейнов. В качестве картографической основы использован космический снимок спутника WorldView-2 за 6 сентября 2017 г.

Fig. 1. Map of the area. *Designations:* 1- control stations; 2- main elevation marks (m a.s.l.); 3- streams; 4- borders of the catchment. The WorldView-2 satellite image was used as a mapping basis

Факторы селеформирования

На изученном участке находится один крупный водоток – река Юрьева, которая имеет длину 5,5 км, площадь водосбора – 9,3 км², перистый тип речной сети. Исток реки расположен на западном склоне хребта Вернадского на абсолютной высоте 840 м с высшей отметкой водосбора – 1081 м. Общее падение русла реки около 840 м, средний уклон – 16 %. Долина реки Юрьева имеет корытообразную форму с очень крутыми склонами (30–75°), шириной по днищу – 9–12 м, высотой склонов – 400–600 м. Расходы воды в устье, по авторским данным за период с 2001 по 2019 гг., с июля по октябрь варьируют от 0,6 до 5 м³/с, в суточном ходе водности вечерний расход может превышать утренний в 2–2,5 раза за счет дневного таяния снежников. Вершина бассейна на протяжении 1,5 км представляет собой разветвленную систему глубоких врезов в крупную эрозионную котловину диаметром 2 км (рис. 2). Глубина врезов в среднем составляет 250–300 м.

Первоначальные области накопления материала для селевых потоков расположены на двух участках в верховье. Первый участок находится в пригребневой части эрозионной котловины, где интенсивными агентами разрушения горных пород являются физическое выветривание и сейсмическая активность. Крупные осыпные шлейфы формируются на склонах под линиями контакта с толщами лавовых потоков, с дайками и некками (рис. 3а). Концентрация обломочного материала происходит в седиментационных ловушках (рис. 3а, б) (рытвины, врезы, углубления, русла

постоянных и временных водотоков) за счет интенсивных склоновых гравитационных процессов.



Рис. 2. Верхняя часть бассейна р. Юрьева с эрозионными врезами постоянных водотоков в августе 2017 г. Фото Т.А. Котенко

Fig. 2. Upper reaches of Yurieva River and catchment erosion cuts of a permanent watercourse in August 2017. Photo by T.A. Kotenko

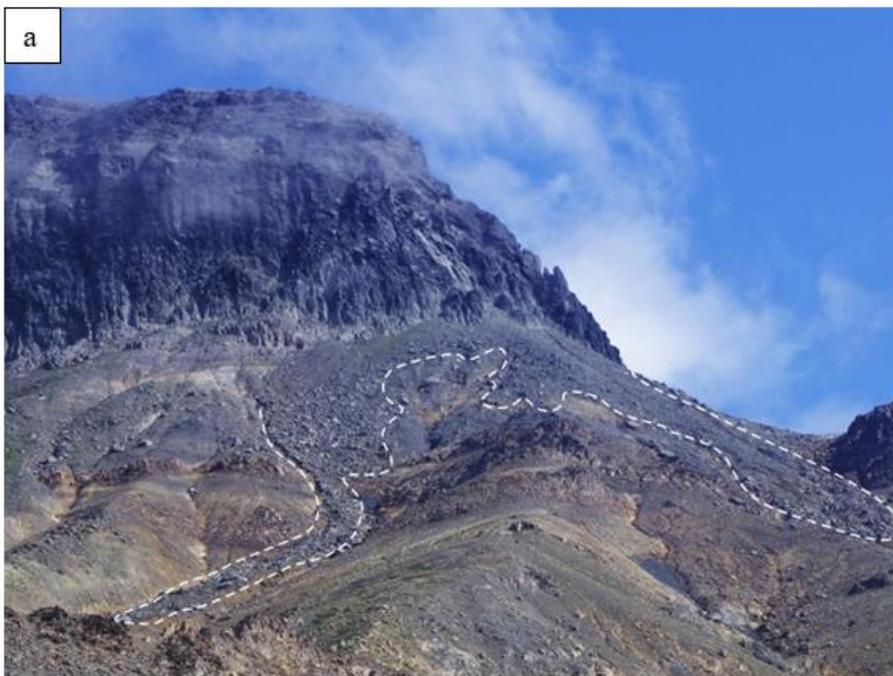




Рис. 3. Потенциальные селевые массивы в августе 2017 г.: а - осыпные шлейфы под г. Зеленая, заполняющие эрозионные врезы; б - крупнообломочный материал осыпей в устье руч. Горячий. Фото Котенко Л.В.

Fig. 3. Potential debris flow massifs in August 2017: a - scree fans under mount Zelenaya fill the erosion cuts; b - large-block scree material at Goryachy Stream mouth. Photo by Kotenko L.V.

Второй участок расположен на северном склоне действующего вулкана Эбеко, покрытом неконсолидированным пирокластическим чехлом (рис. 4), где берет свое начало левый приток реки (см. р4 на рис. 1).

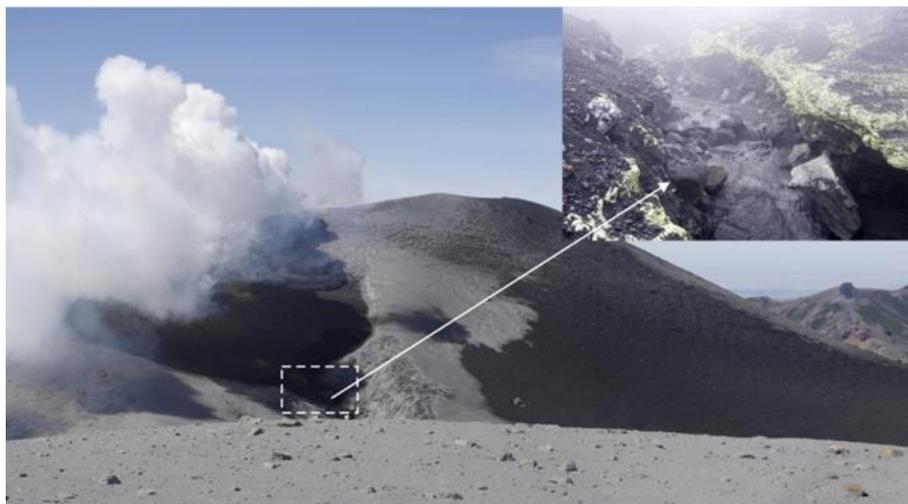


Рис. 4. Приток реки Юрьева, дренирующий конус вулкана Эбеко и неконсолидированные пирокластические отложения. Мутная вода ручья содержит тонкодисперсные пеплы. Фото Т.А. Котенко

Fig. 4. Tributary of Yurieva River drains the Ebeko volcano cone and unconsolidated pyroclastic deposits. The muddy water of the stream contains fine ash. Photo by T.A. Kotenko

Современная стадия развития вулкана Эбеко по [Мелекесцев, 2006] характеризуется отсутствием эффузивной деятельности и значительной денудацией постройки. При этом наблюдаются частые и продолжительные периоды (до 4-х лет) эксплозивной активности вулкана Эбеко с продуктами извержений от тонкодисперсных пеплов (менее 0,063 мм) до вулканических бомб массой более 10 т. В 2017 г. вулкан находился в стадии извержения, начавшегося в октябре 2016 г. [Котенко и др., 2018]. Повсеместно наблюдались отложения свежего тонкодисперсного пепла. Их толщина уменьшалась при удалении от конуса вулкана к устью реки от 1,5 м до 1–2 мм. В нижних частях склонов (высоты 370-600 м н.у.м.) на протяжении 1 км наблюдается также активное химическое выветривание в местах выходов многочисленных кислых термальных источников (температура воды до 87°C, водородный показатель (рН) до 1,27) [Калачева, Котенко, 2013].

Склоны в пределах эрозионной котловины задернованы фрагментарно, ниже по течению реки – почти сплошным покровом за исключением эрозионных врезов, рытвин, участков скальных обнажений и останцов. Растительный покров представлен ольховым стлаником с альпийскими луговинами, верещатниками и мхами. В днище долины на отдельных участках сохранились старые селевые террасы мощностью до 5 м, которые заросли разнотравьем и кустарниками: ольхой и рябиной, широко развиты мхи. Почвы, сформированные на задернованных склонах долины, имеют морфологические особенности, характерные для всех синлитогенных вулканических почв о. Парамушир [Гришин, Шляхов, 2008]: наблюдается переслаивание суглинков и супесей со слоями пеплов вулкана Эбеко и транзитных пеплов, преимущественно мелкодисперсной фракции.

Ближе к устью р. Юрьева прорезает морские террасы 25–30 м высоты, которые служат промежуточным базисом эрозии. В верхнем течении русло прямолинейное. В среднем и нижнем течении русло извилистое с выраженной боковой эрозией. Все дно русла, кроме порогов и перекатов, выстлано перлювием монотонного грубообломочного глыбово-галечного состава. На изгибах русла сформированы зачаточные прирусловые отмели, сложенные более мелкообломочным аллювием.

Твердую составляющую селей способны обеспечивать разрушающиеся эрозионными и склоновыми процессами андезитовые и андезибазальтовые вулканогенные образования, неконсолидированная пирокластика вулканического конуса Эбеко. Мелкозем также поставляется суглинками и пеплами почвенно-пирокластического чехла и отложениями пеплов текущих извержений вулканов.

Ручьи охотоморского побережья на рассматриваемом участке стекают с крутых склонов северо-западной ориентации. Их длина варьирует от 1 до 3 км, площади водосборов не превышают 2 км², уклоны тальвегов составляют в среднем 30–65%. Часть ручьев разгружается непосредственно в море, часть имеет висячие устья с водопадами. Склоны задернованы сплошным покровом, растительный покров и почвы схожи с бассейном р. Юрьева. Расходы ручьев в летне-осеннюю межень малы (менее 2×10⁻³ м³/с), часть из них, например РО5-9 (см. рис. 1) к середине августа пересыхают. Согласно общей типологии водосборов с проявлением селевого процесса [Перов, 2003] данные водосборы относятся к классам долинных простого типа (РО1-4) и склоновых элементарного типа (РО5-9). Селевые отложения во всех случаях концентрируются на конусах выноса, которые фрагментарно сохранились в устьях всех этих ручьев. Твердая составляющая селей обеспечивается главным образом гравитационными процессами (осыпи, обвалы, сплывы) и накоплением продуктов обрушений в днищах долин.

Результаты исследований и их обсуждение

Многочисленные селевые очаги на склонах долины р. Юрьева первоначально были установлены по данным дешифрирования космических снимков WorldView-2 за 6 и 13 сентября 2017 г. с пространственным разрешением 0,46 м (Интернет-ресурс: <http://catalog.sovzond.ru>) (см. рис. 1).

Для заверки дешифрирования использованы данные полевых описаний и измерений морфологических параметров и фотосъемки. Наблюдались следующие типы очагов (рис. 5): эрозионные рытвины в рыхлообломочных отложениях; эрозионные врезы постоянных водотоков; береговые ниши срыва; оплывины. Общая площадь очагов составила около 1,5 км², то есть 16% от площади речного бассейна.



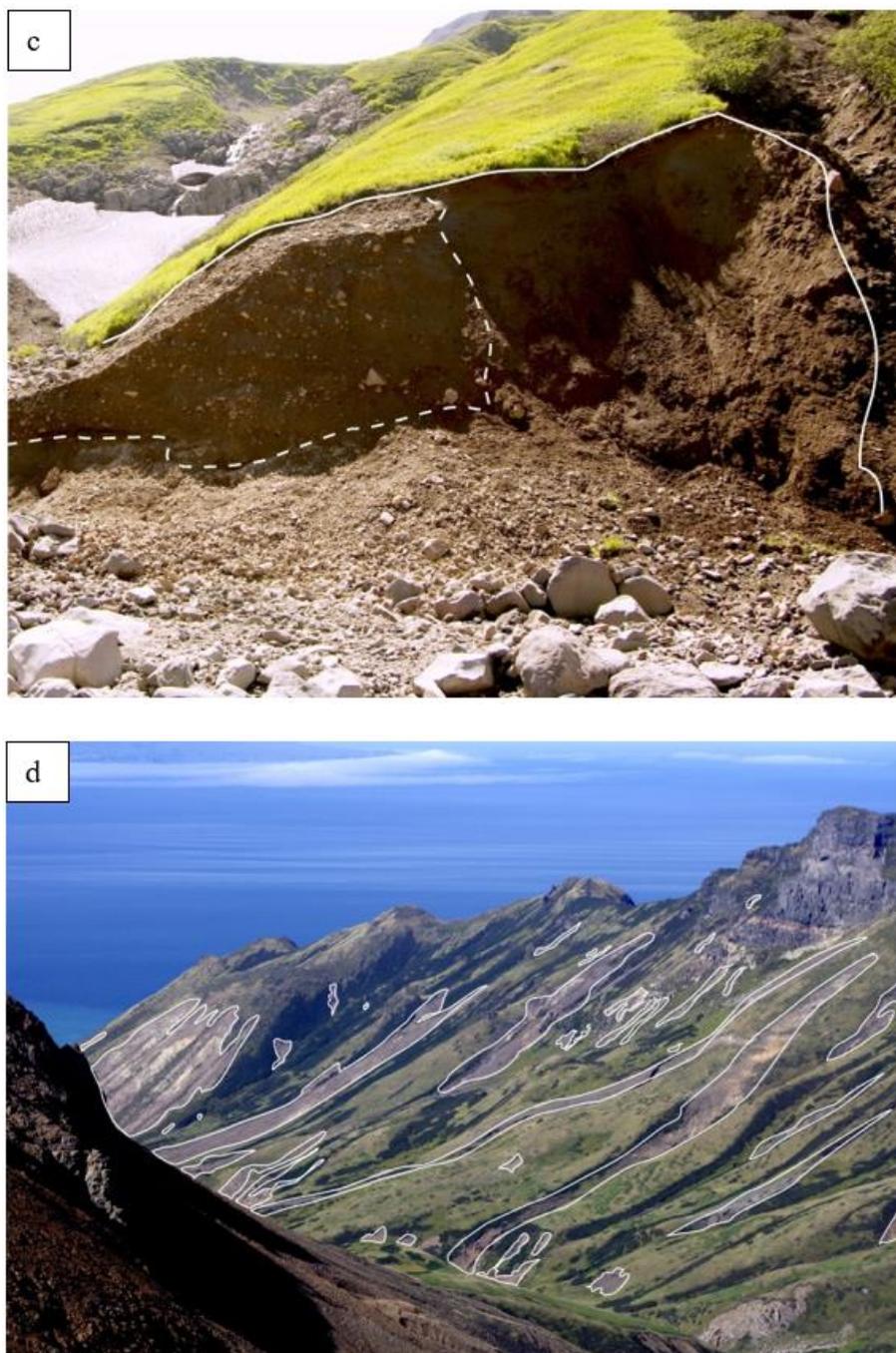


Рис. 5. Типы селевых очагов в бассейне р. Юрьева: а - эрозийные рытвины в рыхлообломочных отложениях, б - эрозийный врез постоянного водотока, с - береговая ниша срыва (сплошная линия), частично заполненная селевой массой (пунктир), d - оплывины. Фото Т.А. Котенко

Fig. 5. Types of debris flow origination sites in the Yuriyeva River catchment: a - erosion gullies in loose sediments; b - erosion cut of a permanent watercourse; c - bank failure niche (solid line) partially filled with debris flow deposits (dotted line); d - earthflows. Photo by T.A. Kotenko

В устье большинства притоков селевых отложений не обнаружено. Притоки р. Юрьева заложены на крутых склонах долины без промежуточных базисов эрозии, поэтому селевой материал разгружался прямо в главное русло и дальше транспортировался основным потоком. Исключение составляют три ручья, обозначенные как р1, р2 и р3 на рис. 1, на северном склоне долины, которые сначала разгружаются в распадке, отделенном от главного русла невысоким вытянутым вдоль

русла холмом, а после единым потоком впадают в основную реку. Ручьи заложены в эрозионных врезках шириной от 8 м до 140 м, глубина врезок меняется от 1 м до 15 м. Длина ручьев составляет 0,66–1 км, средний уклон тальвега – 33,7–35,7%. 16 августа 2019 г. расходы воды в устье ручьев составляли 0,05–0,2 л/с, полученные селевые расходы даны в таблице 1. Наиболее крупные формы отложений селевого материала зафиксированы на р2 в виде селевой гряды с правого борта (рис. 6) и центрального поля аккумуляции.



Рис. 6. Селевая гряда с правого борта ручья. Фото Л.В. Котенко

Fig. 6. Debris flow levee on the right side of the stream. Photo by L.V. Kotenko

Максимальная высота селевой гряды составила 1,9 м, длина 10 м. Дно распадка до схода селей было ровно вымощено галечником, а после схода селей остался врез до коренных пород глубиной до 1,5 м и шириной до 4 м. В бортах ручьев хорошо сохранились метки высших селевых уровней. В совместном устье ручьев р1–3 ширина увеличилась с 2 м до 7,6 м.

Прохождение селей зафиксировано на всех без исключения притоках по донной и боковой эрозии русел (рис. 7), особенно в приустьевой части, для ручьев с задернованными долинами – по срыву почвенного покрова и уничтожению растительности. На ручье Горячем, заложеном в магматических породах, произошла полная зачистка днища долины от накопленного там материала склоновых осыпей.

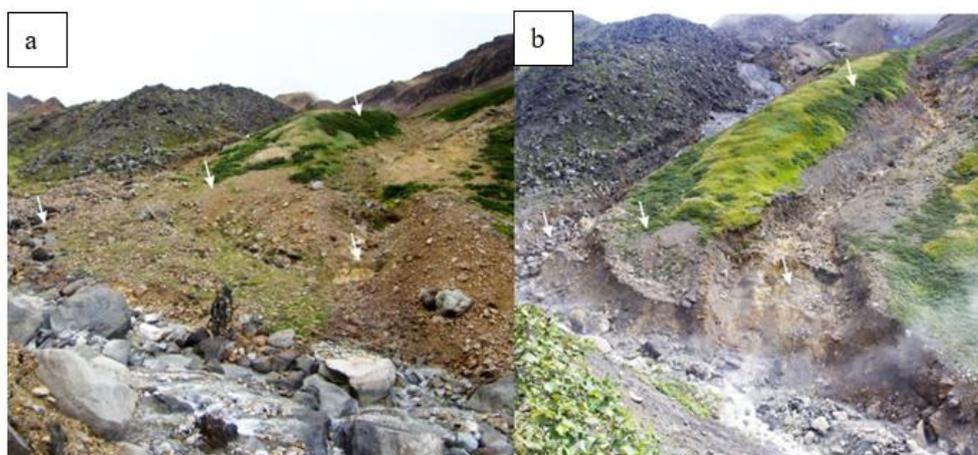


Рис. 7. Участок левого борта р. Юрьева до (а) и после (б) селя. Стрелки показывают общие точки склона. Фото Т.А. Котенко

Fig. 7. Section of the left slope of the Yurieva River before (a) and after (b) the debris flow. Arrows show the same points of the slope. Photo by T.A. Kotenko

Авторы считают важным указать на то, что селевой поток, сформировавшийся на ручье р4 (см. рис. 1) следует считать лахаром [Vallance, 2005], а более точно (в соответствии с отечественной классификацией) – холодным лахаром [Виноградов, 1980], поскольку ручей дренирует конус действующего вулкана Эбеко, покрытого легко размываемой толщей рыхлообломочного материала, в том числе свежих пеплов текущего извержения. Дополнительным фактором селеносности данного ручья является постоянная высокая мутность вод (повышающая его эрозионные способности), которая обеспечивается смывом мелкодисперсной фракции пирокластического чехла и поступлением свежего вулканического пепла во время эксплозий вулкана. Следы движения рыхлообломочного материала зафиксированы в виде многочисленных эрозионных рытвин, ориентированных вниз по склону. Русло ручья претерпело значительную деформацию за счет донной и боковой эрозии.

В русле р. Юрьева признаки прохождения селя наблюдаются с высоты около 790 м н.у.м. Сначала сформировался водокаменный поток, морфологические следы селя выражены главным образом в донной и боковой эрозии. Глубина вреза русла местами достигает 2,5 м. Первая селевая терраса без признаков сортировки (сформированная разгрузкой в главное русло грязекаменных селей, сошедших по нескольким левым притокам) находится на высоте 400 м н.у.м. по левому борту. Ее максимальная высота составляет 1,9 м, длина – 60 м, ширина – 2–3 м. Далее снова следует участок с признаками движения водокаменного селя вплоть до высоты 340 м н.у.м.: здесь при слиянии основного русла с правым селеносным притоком остались следы заплеска грязекаменного потока на противоположном склоне. Ниже по течению реки наблюдаются следы грязекаменного потока, признаками которого являются: отсутствие донной эрозии; мощная боковая эрозия с береговыми нишами срыва участков, сложенных рыхлыми отложениями; селевая замазка стволов и веток ольхового стланика в нижних частях склонов. В зоне аккумуляции зафиксированы селевые отложения в виде многоярусных боковых террас без выраженной сортировки (от двух до четырех) и широкий селевой конус выноса (рис. 8).



Рис. 8. Зона аккумуляции, 3.07.2018 г. Фото Л.В. Котенко Л.В.

Fig. 8. Accumulation zone, 3 July 2018. Photo by L.V. Kotenko

Селевой поток занимал все днище долины, поэтому растительность здесь уничтожена. Зона аккумуляции, в которой сосредоточен максимальный объем селевого материала, находится ниже высоты 62 м н.у.м. (0,5 км до береговой линии). При сохранении величины уклона русла (в среднем 13,5%) ниже этой высоты долина расширяется (по сравнению с вышележащим прямолинейным участком в лавовом

зажиге протяженностью около 300 м) и становится более извилистой. Здесь сформировались в несколько этапов террасы мощностью до 6 м. На высотном участке от 9 до 18 м н.у.м. отметка высшего селевого горизонта находится на высоте 8 м над руслом. Максимальная высота прохождения селя зафиксирована на высотах 60–90 м н.у.м. на узком скальном участке русла, где она составляла 9 м. Наблюдался перенос потоком валунов до 2 м в поперечнике.

На открытом участке морского берега селевые отложения имеют форму широкого конуса выноса: ширина надводной части составляла 270 м, длина – 110 м, максимальная мощность отложений – 6 м. Селевые отложения конуса выноса увеличили размер суши в береговой черте на 0,02 км². Но следует отметить, что высокая интенсивность приливных и штормовых процессов способствует быстрому размыву его фронтальной части. Так, в августе 2019 г. зафиксировано отступление бровки поля селевых отложений на 30–40 м.

В ходе полевых исследований были получены следующие морфометрические характеристики селевого потока в русле р. Юрьева:

- максимальная высота селевого очага – 1070 м н.у.м.;
- длина пути селя – 5,5 км;
- объем селевых отложений в зоне аккумуляции – 297 тыс. м³;
- объем селевых отложений в зоне транзита – 3 тыс. м³;
- максимальная толщина селевых отложений – 8 м;
- площадь зоны аккумуляции – 463 тыс. м²;
- суммарный объем твердой составляющей селя – 300 тыс. м³.

Оценка объема селевых отложений на конусе выноса вероятнее всего занижена, так как селевой поток частично разгрузился в море.

В таблице приведены полученные динамические характеристики селевых потоков, сошедших по главному руслу р. Юрьева и трем ее притокам. Расчет характеристик проводился по известным методикам, приведенным в «Руководстве селестокосным станциям и гидрографическим партиям. Вып. 1. Организация и проведение работ по изучению селей» [Гидрометеиздат, Москва, 1990].

Таблица. Динамические характеристика селевых потоков 4.09.2017 г. Расчетные створы показаны на рис. 1

Table. Dynamic characteristics of debris flows, occurred on 4 September 2017. Control stations are shown in Fig. 1

№ створа	Абсолютная высота, м	Средний бытовой расход в межень, м ³ /с	Максимальная глубина потока, м	Скорость по В.В. Голубцову, м/с	Скорость по диаметру селевых глыб, м/с	Уклон, %	Площадь створа, м ²	Максимальный расход селя по В.В. Голубцову, м ³ /с	Максимальный расход селя по диаметру обломков глыб, м ³ /с	Максимальный удельный расход селевого потока на 1 м ширины потока, м ³ /с
C1	406	0,5×10 ⁻⁴	1	3,8	3,1	38,9	4	15	12	3,8
C2	401	1,5×10 ⁻⁴	2	6,1	5,1	37,4	22	133	111	12,1
C3	374	2×10 ⁻⁴	1,5	5,0	4,4	39,2	11,4	57	50	7,6
C4	330	0,19	5	9,6	5,8	15,0	80	767	464	47,9
C5	60	0,7	6	6,5	5,7	13,0	150	974	848	39
C6	18	0,86	8	5,5	5,7	2,6	200	1091	1131	43,6

Севернее р. Юрьева, селевые отложения и деформации русел установлены только для ручьев ОР1-9 (рис. 1).



Рис. 10. Ручьи РО3 и РО4: оплывины (сплошная линия) и два селевых конуса выноса (пунктир). Фото Т.А. Котенко Т.А.

Fig. 10. Streams PO3 and PO4: earthflows (solid line) and two fans (dotted line). Photo by T.A. Kotenko

Селевые очаги были представлены двумя типами: эрозионными рытвинами в рыхлообломочных отложениях и оплывинами. Отложения водокаменных потоков сосредоточены в устьях в виде конусов выноса с выраженной сортировкой материала по крупности (РО1-4) (рис. 10) и без сортировки в случае висячего устья (РО5-9). Также наблюдалась значительная эрозия русел (донная и боковая). Ширина фронта конусов выноса на дату обследования (30.06.2018 г.) не более 120 м, объемы селевых отложений – от $\sim 100 \text{ м}^3$ до $\sim 4000 \text{ м}^3$. Возможно, объем селевых отложений в зоне аккумуляции ручьев РО1-4 занижен, так как селевые потоки частично разгрузились в море, а впоследствии их фронтальные части были размывы.

Метеорологические селеобразующие факторы

Для анализа метеорологических факторов, вызвавших сход селей, были привлечены данные ближайшего пункта метеонаблюдений: аэрологической станции «Северо-Курильск» (8 км от вершины речного бассейна, абсолютная высота 24 м). Интенсивность и накопление сумм осадков анализировались по измерениям автоматического метеорологического комплекса АМК. Суммы осадков корректировались по данным осадкомера Третьякова, так как датчик жидких осадков АМК не регистрирует слабые осадки (менее 0,3 мм). Причиной массового схода селей в северной части о. Парамушир, в том числе и на рассматриваемой территории, стали очень сильные осадки, вызванные прохождением тайфуна «Санву». Дождь начался 3 сентября в 19:15 местного времени (UTC+11 час), шел с переменной интенсивностью (максимальное значение 2,8 мм/10 мин) до 15:46 4 сентября (рис. 11). С 15:47 до 16:20 интенсивность осадков резко возросла, достигнув в 5-ти минутный промежуток времени, начиная с 16:06, максимума за дождь – 7,2 мм/10 мин, накопленная сумма осадков составила к этому часу около 100 мм. В бассейнах рек восточного побережья о. Парамушир (р. Кузьминка и р. Матросская) около 16 ч паводки трансформировались в селевые потоки [Котенко, 2018]. Вероятнее всего, высокая интенсивность дождя стала спусковым механизмом для зарождения селей и в бассейне р. Юрьева. Сильный дождь

продолжался до 18 ч, после чего еще 8 часов наблюдались слабые осадки. Осадки продолжались 32 ч 35 мин, сумма осадков составила 148,9 мм.



Рис. 11. Данные об осадках на аэрологической станции «Северо-Курильск» (24 м н.у.м.) показывают накопление суммы осадков и их интенсивность за 4 сентября 2017 г.

Fig. 11. Precipitation data from aerological station “Severo-Kurilsk” showing accumulation of precipitation and their intensity for 4 September 2017

Заклучение

Впервые получены данные о массовом селеообразовании на охотоморском побережье северной части о. Парамушир 4 сентября 2017 г. Водокаменные потоки сошли по руслам девяти ручьев, в устье которых селевые отложения аккумулировались в виде конусов выноса с объемом материала не более 4000 м³.

Наиболее значительный селевой процесс наблюдался в бассейне р. Юрьева (о. Парамушир). Следы прохождения селей установлены на всех ее притоках, откуда сели разгружались в главное русло (за исключением трех ручьев по правому борту, селевой материал которых частично отложился в параллельном главному руслу распадке). Идентифицированы многочисленные селевые очаги следующих типов: эрозионные рытвины в рыхлообломочных отложениях, эрозионные врезы постоянных водотоков, береговые ниши срыва, оплывины. Селевой поток на притоке, стекающем с конуса вулкана Эбеко, следует идентифицировать как лахар (холодный), так как его твердая составляющая была представлена отложениями пеплов текущего извержения вулкана. Общая площадь селевых очагов составила около 1,5 км² или 16% от площади речного бассейна. Тип зарождения селей определен как эрозионно-сдвиговой. В русле р. Юрьева признаки движения водокаменного потока зафиксированы с высоты 790 м н.у.м., ниже по течению, с высоты 340 м н.у.м., произошла его трансформация в грязекаменный поток. Расход селя в устье превысил средний бытовой расход в летне-осеннюю межень более чем в 1 300 раз. В устье реки селевые отложения имеют форму широкого конуса выноса, благодаря которому изменилась конфигурация береговой линии, а прирост суши составил 0,02 км². Суммарный объем твердой составляющей селя, по минимальной оценке, составляет около 300 тыс. м³. Таким образом, проведенное исследование позволило детально охарактеризовать особенности развития селевого процесса в бассейне р. Юрьева.

Активизация селевых процессов была вызвана атмосферными осадками высокой интенсивности при прохождении тайфуна «Санву». Селеформирующая сумма осадков на высоте 24 м составила около 100 мм. Сели западного берега о. Парамушир стали

частью массового селеформирования на севере о. Парамушир, что свидетельствует о типичности данного опасного процесса для исследуемой территории.

Полученные материалы в дальнейшем могут быть использованы для уточнения карт селевой опасности о. Парамушир и принятия мер по обеспечению безопасности отдыхающих здесь туристов.

Список литературы

- Атлас Курильских островов. Москва, Владивосток: ИПЦ «ДИК», 2009. 516 с.
- Виноградов Ю.Б. Этюды о селевых потоках. Л.: Гидрометеониздат, 1980. 144 с.
- Гришин С. Ю., Шляхов С.А. Растительность и почвы острова Парамушир (Северные Курилы). – География и природные ресурсы. 2008, № 4, с. 96–103.
- Калачева Е.Г., Котенко Т.А. Химический состав вод и условия формирования Верхне-Юрьевских термальных источников (о. Парамушир, Курильские острова). - Вестник КРАУНЦ. Серия «Науки о Земле». 2013, № 2 (22), с. 55–68.
- Котенко Т.А., Котенко Л.В. Дождевые сели 4 сентября 2017 г. в северной части острова Парамушир, Курильские острова. – Геориск. 2018, Том XII, № 3, с. 46–55.
- Котенко Т. А., Сандиминова Е.И., Котенко Л.В. Извержения вулкана Эбеко (Курильские острова) в 2016–2017 гг. – Вестник КРАУНЦ. Серия «Науки о Земле». 2018, № 1 (37), с. 32–42.
- Мальнева И.В., Кононова Н.К., Крестин Б.М. Активность селей на Курильских островах в период современных изменений климата. – Геориск. 2014, № 3, с. 28–32.
- Мелекесцев И.В. Действующие и потенциально активные вулканы Курило-Камчатской островной дуги в начале XXI в.: этапы исследований, определение термина «действующий вулкан», будущие извержения и вулканическая опасность. – Вестник КРАУНЦ. Серия «Науки о Земле». 2006, № 1 (7), с. 15–35.
- Перов В.Ф. Селеведение. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 274 с.
- Рыбальченко С.В. Селевая опасность населенных пунктов Сахалинской области. - Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе, Материалы Всероссийского совещания и молодежной школы, Иркутск. 2012, Том. 2, с. 118–120.
- Vallance J.W. Volcanic debris flows. – In M. Jacob, O. Hungr (eds), Debris-flow hazards and related phenomena. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 2005, pp. 247–274.