



## Характеристики селей, формирующихся в районах распространения многолетнемерзлых пород

**В.А. Лобкина, Ю.В. Генсировский, М.В. Михалев**

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

**Аннотация.** Полевые работы, проведенные Сахалинским филиалом ДВГИ ДВО РАН в 2018-2019 г. в арктических и субарктических климатических поясах показали, что селевые процессы в этих зонах имеют куда большее распространение и частоту чем считается. Во многом частота схода селей и широкое распространение селевых процессов связано именно с наличием многолетнемерзлых пород. Ежегодное оттаивание поверхностного слоя грунта регулирует объем материала, вовлекаемого в селевой процесс, а глубина протаивания определяет поверхность скольжения. Наибольшие различия в характеристиках селей, развивающихся на многолетнемерзлых породах, выражаются в их скоростях, объемах и частоте формирования. В работе будут рассмотрены вопросы применения различных формул для расчета скорости селей и оценки их объема. В целом по итогу полевых работ можно говорить о более сложной типизации селей на территории данной области, а также о том, что общее распространение селевых процессов и степень селевой активности значительно выше ранее заявленной.

**Ключевые слова:** *Колымско-Чукотская селевая область, селевой поток, расчет*

**Ссылка для цитирования:** Лобкина В.А., Генсировский Ю.В., Михалев М.В. Характеристики селей, формирующихся в районах распространения многолетнемерзлых пород. 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. 477–481.

## Characteristics of debris flows forming in permafrost areas

**V.A. Lobkina, Yu.V. Gensiorovskiy, M.V. Mikhalev**

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

**Abstract.** Field work carried out by Sakhalin branch of Far Eastern Geological Institute of Far Eastern Branch, RAS in 2018-2019 in arctic and subarctic zones showed that debris flow processes in these zones are much more widespread and more frequent than they are considered to be. On the whole, the debris flow frequency and its widespread are associated with existence of permafrost formations. Annual thawing of surface ground layer regulates amount of material involved in debris flow process, and thawing depth determines the sliding surface. The major differences in characteristics of debris flows developing on permafrost formations are expressed in their velocities, volumes and frequency of formation. The paper will consider the application of various formulas for calculating debris flow velocity and estimating their volume. In general, based on the results of field work, it is possible to indicate more complex classification of debris flows in the territory of the region, as well as general distribution of debris flow processes and degree of debris flow activity are much higher than previously stated.

**Key words:** *Kolymsko-Chukotskaya debris flow region, debris flows, calculation*

**Cite this article:** Lobkina V.A., Gensiorovskiy Yu.V., Mikhalev M.V. Characteristics of debris flows forming in permafrost areas. 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. 477–481.

## Введение

Многолетнемерзлые породы (ММП) имеют широкое распространение, особенно на территории Российской Арктики. Однако, работ, характеризующих сели, развивающиеся на мерзлых породах, и описывающих изменение их динамические характеристик крайне мало. На имеющихся обобщающих картах районирования селеопасных территории районы арктического и субарктического пояса России обозначены как неселеопасные или имеющие малую, реже среднюю степень селевой опасности.

Проведенные Сахалинским филиалом ДВГИ ДВО РАН в 2018–2019 г. полевые работы в арктических и субарктических климатических поясах показали, что селевые процессы в этих зонах имеют куда большее распространение и частоту чем считается. По некоторым селевым бассейнам частоту схода селей можно охарактеризовать как ежегодную.

Во многом частота схода селей и широкое распространение селевых процессов связана именно с наличием многолетнемерзлых пород. Ежегодное оттаивание поверхностного слоя грунта регулирует объем материала, вовлекаемого в селевой процесс, а глубина протаивания определяет поверхность скольжения.

Наибольшие различия в характеристиках селей, развивающихся на многолетнемерзлых породах, выражаются в их скоростях, объемах и частоте формирования. В работе будут рассмотрены вопросы применения различных формул для расчета скорости селей и оценки их объема.

## Район исследования и его изученность

Район исследования находится на Северо-востоке России, в холодной зоне восточного региона и отнесен к Колымско-Чукотской области согласно карте районирования селеопасных территорий России [<https://национальныйатлас.рф/>].

Первые сведения о селях в исследуемом районе встречаются в конце 60-х – начале 70-х годов XX в. В 70–90-х годах XX в. было выпущено несколько мелкомасштабных карт, где район исследований был обозначен, как селеопасный [Флейшман, 1978].

В дальнейшем, проводились эпизодические наблюдения, за селевыми процессами и поступали отрывочные сведения о формировании селевых потоков в центральных районах Чукотки, побережье Восточно-Сибирского моря, а так же по автодороге «Колыма» (Якутск – Хандыга – Усть-Нера – Магадан) [Поморцев, Рожин, 2017; Романенко, 2018].

В силу своей масштабности имеющиеся карты [Флейшман, 1978; СП 115.13330.2016; <https://национальныйатлас.рф/>] селевых территорий не дают полной картины распространенности селевых процессов в районе исследований.

В целом можно сказать, что селевые процессы в районе исследования изучены недостаточно.

## Типы селей

В работе [Романенко, 2018] указывается формирование на севере и в центральной части Колымско-Чукотской селевой области исключительно водоснежных селевых потоков, однако проведенные в 2018–2019 гг. полевые работы показали, что, несмотря на широкое распространение селей водоснежного типа на территории данной области формируются также собственно селевые типы селей.

Сотрудниками Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН были зафиксированы следы схода селевых потоков грязекаменного и водокаменного типов по притокам р. Коральвеема, протекающим в центральной части Кепервеемской горной гряды Аннойского нагорья.

Твердой составляющей грязекаменных селей является супесчано-глинистый материал с примесью гальки и гравия, с включением валунов. Водокаменные сели в

данном районе, несут большее количество гравийно-галечного материала с примесью валунов и меньшее количество мелкозема.

Следы прохождения селевых паводков обнаружены по бассейнам р.р. Эрвыкыннотвеем, Дорожная, Матачъынай которые берут начало на хр. Искатень.

В южной части Колымско-Чукотской селевой области также не исключено формирование селевых паводков, о которых упоминается в работе [Поморцев, Рожин, 2017] на границах Верхоянской и Колымско-Чукотской селевых областях.

Водоснежные потоки, имеющие наибольшее распространение по территории области, представляют собой смесь снега насыщенного водой и обломочного материала, вынесенного за зимний сезон лавинами, осыпями и обвалами в тальвеги водотоков. Водоснежные потоки формируются при интенсивном снеготаянии снежных надувов и карнизов, местом их формирования являются склоны, преимущественно, южной экспозиции.

Селевой режим области делится на два периода вероятного формирования селей:

1. **Раннелетний** (май-июнь), формирование селей связано с началом интенсивного снеготаяния. В этот период формируются маломощные, преимущественно, несвязные селевые потоки, что связано с тем, что многолетнемерзлые породы еще не оттаяли и в селевой процесс преимущественно вовлекается материал, перемещенный за зиму лавинами и осыпями/обвалами в русло водотоков или отложенный на склонах. Ширина захвата таких селей не велика, обычно составляет первые метры. Зона транзита остается в русле или на его берегах, обычно прямолинейна. Аккумулируются сели этого периода, растекаясь широким шлейфом, с последующим переносом селевого материала далее тальми и дождевыми водами. Глубина выпавания составляет 0,3–0,7 м и ограничена кровлей сезонно-талого слоя (СТС). Высота заплеска селя в зоне транзита, может составлять 1,3–1,5 м. Мощность отложений составляет 0,3–1,0 м. В этот период формируются преимущественно водоснежные потоки. Частота формирования ежегодная.

2. **Позднелетний-раннеосенний** (июль-август), формирование селей связано с выпадением жидких осадков в период наибольшего отепления ММП. В данный период возможно формирование наиболее крупных связных грязекаменных и водокаменных селевых потоков. К этому моменту в селевом массиве происходит оттаивание деятельного слоя на полную глубину, источником жидкой составляющей будет талая вода, стекающая по кровле ММП, к которой дополнительно поступает дождевая. Дождь в данный период является триггером, запускающим процесс формирования селей. Данные селевые потоки наиболее опасны. Глубина выпавания селя – до кровли ММП. Высота селевой волны в узких долинах более 6,0 м. Ширина захвата, в зависимости от ширины долины, колеблется в пределах 20-100 м. Мощность отложений может составлять 3,5–6,0 м. Формирование такого типа селей – раз в 30-50 лет.

По полевым оценкам, средние объемы выноса селевого материала, колеблются в пределах 3000–10 000 м<sup>3</sup>. Однако, при определенных условиях, возможно формирование крупных селевых потоков, объемы которых могут достигать 100 000 м<sup>3</sup> на северо-востоке области и 300 000 м<sup>3</sup> в центральной части области.

В целом по итогу полевых работ можно говорить о более сложной типизации селей на территории данной области, а также о том, что общее распространение селевых процессов и степень селевой активности значительно выше ранее заявленной.

### Особенности расчета характеристик селей

*Скорость.* Применения стандартных формул расчета скоростей селей показали занижение значений в сравнении с данными, полученными при полевых исследованиях (на основе следов, оставленных селевыми потоками), что объясняется гранулометрическим составом селевой массы, в котором будет малая доля мелкодисперсного материала.

Скорость движения является важнейшим параметром, характеризующим селевой поток. От правильной оценки скорости движения селя зависит расчет других динамических характеристик.

В работе [Соколова и др., 2018] приводится обзор семи формул расчета скорости селевого потока, полученные по формулам значения скорости сравниваются со скоростями, полученными в результате 5 экспериментальных спусков селевых потоков в верховьях р. Чемолган (Казахстан 1972, 1973, 1975, 1976, 1978 г.).

В результате ни одна из формул, ни дала полного совпадения с результатами натурального эксперимента.

Материал, собранный при полевых работах, проведенных на территории освоения в июне-июле 2019 сотрудниками СФ ДВГИ ДВО РАН, был проанализирован на предмет расчета скорости шестью формулами, без формулы по Срибного М.Ф. учитывающей плотность. Наилучший результат для расчета скоростей водокаменных потоков дала формула МЧС [Крюков, Буденко, 2013], которая в [Соколова и др., 2018] давала самые высокие результаты:

$$V = 11,4 * h_{cp}^{0,5} * (U_0 * \sin \alpha)^{1/3}. \quad (1)$$

Только в этой формуле учтена крупность вовлекаемых в селевой поток валунно-глыбовой составляющей, что особенно важно в районе распространения многолетнее мерзлых пород, где вовлечение в селевой процесс делювиально-пролювиальных отложений (курумы, осыпи, обвалы), будет выше чем в других районах, в то время когда доля мелкодисперсного материала будет уменьшаться. По нашему мнению, формулу МЧС корректно использовать только для водокаменных потоков. Однако, параметр  $U_0$  – относительная гидравлическая крупность вовлекаемых в поток каменных материалов, была взята не как рекомендованная для оперативных расчетов, а фактическая, по полученным материалам.

Наилучший результат для грязекаменных селевых потоков показала формула Херхеулидзе И.И.

Средняя скорость водокаменных селевых потоков в области составляет 7–13 м/с, грязекаменных 5–8 м/с.

*Объем.* Довольно точно, к полевым оценкам, объем водокаменных селей был получен при изменении формулы расчета объема селя по [РД 52.30.238-89, 1990]:

$$V_c = 0.5 * (Q_c)_{max} * T_c, \quad (2)$$

где  $Q_c$  – рассчитанный максимальный расход селя, м<sup>3</sup>/с;  $T_c$  – продолжительность селя, с.

Входящая в формулу характеристику – продолжительность селя ( $T_c$ ), была заменена на произведение времени добегающей первой селевой волны по С.П. Кавецкому на оценочное количество зон разгрузки селевого потока:

$$V_c = 0.5 * (Q_c)_{max} * T_K * n, \quad (3)$$

где  $T_K$  - время добегающей первой селевой волны по С.П. Кавецкому, с;  $n$  – оценочное количество зон разгрузки селевого потока.

В случае не учета зон разгрузки селя (селевых валов) будет получен объем только первой селевой волны, не будет учтен объем материала, вовлеченного в селевой процесс, оставшийся в зоне транзита, а так же вторая и возможные последующие селевые волны, которые дойдут до зоны аккумуляции.

## Выводы

На территории Колымско-Чукотской селевой области в ходе полевых работ обнаружены следы формирования селевых потоков грязекаменного и водокаменного типов, селевых паводков.

Получено подтверждение, что наиболее распространенным типом селей будут являться водоснежные потоки.

Репрезентативные результаты расчета скоростей водокаменных селей дает формула МЧС (7-13 м/с), с использованием фактической крупности вовлекаемых в поток материалов, скоростей грязекаменных селевых потоков формула Херхеулидзе И.И. (5–8 м/с).

Объемы перемещенных масс могут достигать 100 000 м<sup>3</sup> на северо-востоке области и 300 000 м<sup>3</sup> в центральной части области.

## Список литературы

- Крюков Е.В., Буденко В.М. Опасные природные процессы: учебно-метод. пособие. М., Академия ГПС МЧС России, 119 стр., 2013
- Поморцев О.А., Рожин С.С. Опасные инженерно-геологические обстановки на автотрассе «Колыма (Южное Верхоянье)» – причины, механизмы развития, прогноз // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН, 5– 7 апреля 2017 г.: в 2 т. – Якутск: Изд. дом СВФУ, 2017. С. 365-371.
- Романенко Ф.А. Селевые потоки на островах и побережьях арктических морей // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 2018 – с. 521-528.
- РД 52.30.238-89 Руководство селестоковым станциям и гидрографическим партиям, 1990.
- Соколова Д.П., Виноградова Т.А., Осташов А.А. Оценка скорости движения селевого потока по различным методикам // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 2018 – с. 576-586.
- СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95.
- Флейшман С.М. Сели. Л.: Гидрометеониздат, 1978. 237 с.  
<https://национальныйатлас.рф/>. Дата обращения 13.04.2020.