



## Грязекаменные сели катастрофических объёмов в низкогорье острова Сахалин

Н.А. Казаков, Ю.В. Генсировский

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Сахалинский филиал, лаборатория лавинных и селевых процессов, Южно-Сахалинск, Россия*

## The debris flows of catastrophic volume in low mountains of Sakhalin Island

N.A. Kazakov, Y.V. Gensiorovskiy

*Far East Geological Institute of Far East Branch of Russian Academy of Sciences, Sakhalin Department, Laboratory of Avalanches & Debris-Flows Processes, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

Рельеф о. Сахалин низкогорный (абс. высоты 200–1600 м), однако глубина расчленения рельефа (200 – 700 м) в сочетании с большими уклонами (до 100 ‰), большим количеством осадков (более 1000 мм за дождь) и геологическим строением создаёт условия для активного развития селевых процессов. Формируются грязе-вые, грязекаменные и водоснежные сели. В массивах интрузивных, вулканогенных и метаморфических пород формируются грязекаменные потоки экстремальных для низкогорья объёмов: 300–500 тысяч м<sup>3</sup>. Их дальность выброса достигает 16 км, высота селевой волны 12 м. Частота формирования катастрофических селей: раз в 20–25 лет. При полевых исследованиях в 2002–2007 гг. на Южном и Среднем Сахалине обнаружены отложения грязекаменных селей объёмом до 500 000 м<sup>3</sup> и более.

The mountains of Sakhalin Island are of a low height (200–1600 m asl.), however the relative altitude differences are considerable (200–1000 m). That, in combination with large slope angles (up to 100 ‰), extreme precipitation (over 1000 mm per rain event) and geological features creates conditions for the active development of debris-flow processes. On Sakhalin Island mudflows, debris flows and slush flows are formed. In the mountain ranges made up of intrusive and metamorphic rocks debris flows of catastrophic volumes (over 500 000 m<sup>3</sup>) are formed. Run-out distances reach 16km, the height of debris-flow waves could be up to 12m. The frequency of catastrophic debris flows is 20 to 25 years. Some specific features of debris flows in the low mountains of Sakhalin are as follows. Volumes and dynamic characteristics of catastrophic debris flows are determined by geological factors (rocks and debris comprising the potential debris-flow massive) and geomorphologic factors (morphometric characteristics of debris-flow basins). Hydro meteorological factors play a less important role; the frequency of formation of catastrophic debris-flow depends on the speed of accumulation of products of aeration in the debris-flow sites, i.e., on the structure of debris in debris-flow origination sites; therefore, there is no direct dependence between the erosion of deposits and formation of large volume debris flows. Our field research in 2000–2005 in Southern Sakhalin identified deposits of catastrophic debris flows which had volumes of 300,000 to 500,000 m<sup>3</sup> (and possibly more). According to preliminary estimates these catastrophic debris flows occurred 25, 40, 70, 130 and 250 years ago.

### 1 Введение

Территория о. Сахалин – низкогорье. Абсолютные отметки рельефа не превышают 1600 м, составляя, в среднем, 200 – 1000 м. Однако, глубина расчленения рельефа достигает 500–1000 м, что позволяет относить его к альпийскому рельефу.

Считается, что в низкогорье о. Сахалина формируются селевые потоки, объёмы которых невелики (Бударина и др., 1987; Перов, 1989; Флейшман, 1978) и не превышают 100 000 м<sup>3</sup> (Полуниц, 1983, 1989). Полевые исследования, проведённые нами на Южном и Среднем Сахалине в 2002–2007 г.г. показали, что в низкогорье о. Сахалина формируются грязекаменные сели, объёмы которых превышают 500 000 м<sup>3</sup>.

## 2 Селевые процессы на о. Сахалине

Высотная зона развития селевых процессов на о. Сахалин захватывает: от уровня моря до водоразделов (0–1600 м). Площадная поражённость территории селевыми процессами достигает 50 %. Высокая степень залесённости территории не является фактором, препятствующим развитию селевых процессов: даже елово-пихтовый лес (сомкнутость крон 90–100 %), способствуя снижению частоты формирования селей, не препятствует развитию сдвигового селевого процесса на склонах крутизной более 35°. На о. Сахалине формируются селевые потоки всех типов: грязекаменные, грязевые, наносоводные, водоснежные. Средние объёмы грязекаменных селей: 0,5–10 тысяч м<sup>3</sup>, максимальных – более 500 тысяч м<sup>3</sup> (табл. 1). Выделяется два основных класса селевых комплексов, в которых частота формирования селей и их объёмы сильно различаются.

1. Морские террасы и низкие (до 300 м абс.), слабо расчленённые горы, сложенные алевролитами, аргиллитами и песчаниками. Формируются грязекаменные и грязевые сели объёмом 0,3–50 тысяч м<sup>3</sup>; дальность выброса – 0,3–2,0 км, высота селевой волны – до 4,0 м, плотность – 1500–1900 кг/м<sup>3</sup>, частота формирования – 1 раз в 2–3 года.

2. Массивы интрузивных, вулканогенных и метаморфических пород, сложенные диоритовыми порфиритами, андезитами, диоритами, дацитами, зеленокаменными сланцами и серпентинитами: горы Ламанон; хр. Жданко; Сусунайский хр. (рис. 1); г. Макарова, р. Пулька (рис. 2); г. Ледяная, р. Буюклинка. Здесь формируются грязекаменные сели катастрофических объёмов: более 500 000 м<sup>3</sup> (табл. 1).

## 3 Селевые потоки экстремальных объёмов: условия формирования и повторяемость

Грязекаменные сели экстремальных для низкогорья объёмов формируются на о. Сахалине благодаря сочетанию следующих факторов селеобразования.

1. Большая глубина расчленения рельефа (500–1000 м).
2. Большие уклоны селевых очагов и селевых русел (35–50°).
3. Сильные осадки: зарегистрированные максимумы осадков за дождь – 1200 мм; суточный – 230 мм, часовой – более 50 мм (Казаков, Генсиоровский, 2007).
4. Геологическое строение селевых бассейнов: молодые горные породы, слабоцементированные, легко размываемые и размокаемые (алевролиты, аргиллиты, песчаники), насыщающие селевой поток глинистыми фракциями в сочетании с прочными интрузивными, вулканогенными и метаморфическими породами (диоритовые порфириты, андезиты, диориты, дациты, зеленокаменные сланцы, серпентиниты) обеспечивающими валунно-глыбовую составляющую селевых потоков.

Следует отметить, что объёмы, динамические характеристики и повторяемость катастрофических селей определяются геологическими (характер пород, слагающих потенциальные селевые массивы) и геоморфологическими (морфометрические характеристики селевых бассейнов) факторами селеобразования; гидрометеорологические факторы играют подчиненную роль.

Частота формирования катастрофических селей зависит от скорости накопления продуктов выветривания в селевых очагах, то есть, от состава пород в очагах твердого питания селей и степени их предшествующего увлажнения. Поэтому прямой зависимости между выпадением обильных осадков и формированием катастрофических селей на Сахалине нет.

В результате полевых исследований, проведённых в 2002–2007 г.г., отложения грязекаменных селей объёмом более 300 000 м<sup>3</sup> были обнаружены в бассейнах рек Вязовка (горы Ламанон, г. Ичара), Рогатка (Сусунайский хр.), Пулька (г. Макарова), Буюклинка (г. Ледяная) и у подножия хр. Жданко (табл. 1).



Таблица 1. Грязекаменные сели экстремальных объемов на о. Сахалине в 1872 – 2007 г.г.

Дата	Адрес	Абс. отметка, м		Объем, тыс. м <sup>3</sup>	Дальность выброса, м	Макс. глубина потока, м	Толщина селевых отложений, м
		верхней границы селевого очага	нижней границы селевых отложений				
август 1872	г. Макарова, р. Пулька	700	10	>500	4000	10,0	10,0
4-5.08.1981	г. Макарова, р. Пулька	700	10	>300	4000	12,0	10,0
1750 – 1800	г. Макарова, р. Пулька	700	10	>400	6000	>10,0	18,0
4-5.08.1981	Западно-Сахалинские горы, г. Ледяная, р. Буюклинка	1200	70	>300	10000	>6,0	6,0
август 1872	Сусунайский хребет, р. Рогатка	900	40	>500	12000	-	10,0
4-5.08.1981	Сусунайский хребет, р. Рогатка	900	40	>300	8000	4,0	4,0
4-5.08.1981	п-в Ламанон, г. Ичара, р. Вязовка	1000	20	>200	1600	3,5	2,0

По предварительным оценкам, в XIX в. максимальные объемы грязекаменных селей в бассейне р. Рогатка (Сусунайский хребет) превышали 1 000 000 м<sup>3</sup> (рис. 1).

Грязекаменные сели объемом до 100 000 м<sup>3</sup> сходят на Среднем и Южном Сахалине, в среднем, раз в 11–12 лет, объемом более 200 тысяч м<sup>3</sup> – раз в 20–25 лет.

Результаты полевых исследований 1978 – 2007 г.г. (в том числе, оценка возраста селевых отложений по результатам дендрохронологического и лишенометрического анализа) и анализ архивных материалов показывают, что грязекаменные селевые потоки объемом более 300 000 м<sup>3</sup> формировались на Южном и Среднем Сахалине во второй половине XVIII в., в 1872, 1924, 1928, 1944, 1947, 1955, 1964, 1970, 1981, 1992, 1993 г.г. За 135 лет (1872-2007 г.г.) количество периодов массового формирования селевых потоков, когда объем грязекаменных селей достигал или превышал 100 000 м<sup>3</sup>, происходило не менее 46.

#### 4 Характеристики селевых потоков катастрофических объемов

Дальность выброса катастрофических грязекаменных селей на о. Сахалине достигает 16 км (р. Вязовка, горы Ламанон), высота селевой волны в заплесках на участках резкого поворота селевого русла (по селевым отметкам на бортах селевых русел) – 12 м (р. Пулька), плотность селевого потока – 2000 – 2100 кг/м<sup>3</sup>. Средний уровень селей объемом 300 тысяч м<sup>3</sup> и более составляет от 4–6 до 10 м. Толщина селевых отложений достигает 6–10 м (р. Пулька, 1981 г.), но может и превышать 18 м (р. Пулька, селевые отложения XVIII в.).

#### 5 Заключение

В низкогорье о. Сахалин объемы грязекаменных селевых потоков могут превышать 500 000 м<sup>3</sup>, дальность выброса может достигать 16 000 м.



Рис. 1. Селевые отложения р. Рогатки (Сусунайский хр.) в г. Южно-Сахалинске. Выделяется не менее 3 грязекаменных селей: 1872 г.; 30е – 40е годы XX в. Фото Генсиоровского Ю.В.



Рис. 2. Селевые бассейны на г. Макарова, р. Пулька. Здесь формируются грязекаменные сели объёмом более 500 тысяч м<sup>3</sup>. Фото Казакова Н.А.

В целом, в резко расчленённом низкогорье селевые процессы должны быть распространены гораздо шире, чем принято считать, а объёмы селей могут достигать таких же объёмов, как и в высокогорье.

#### *Список литературы*

- Бударина О.И., Перов В.Ф., Сидорова Т.Л. Селевые явления о. Сахалин. – Вестник Московского университета, сер. 5, география, № 3, 1987, с. 76–81.
- Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Влияние вертикального градиента осадков на характеристики гидрологических, лавинных и селевых процессов в низкогорье. – Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. № 4, 2007, с. 342–347.
- Перов В.Ф. Селевые явления на территории СССР. Москва: ВИНТИ, 1989, 148 с.
- Полунин Г.В. Экзогенные геодинамические процессы гумидной зоны умеренного климата. Москва: Наука, 1983, 249 с.
- Полунин Г.В. Динамика и прогноз экзогенных процессов. Москва: Наука, 1989, 232 с.
- Флейшман С.М. Сели. Ленинград: Гидрометеиздат, 1978, 237 с.