

ОПАСНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В ГИДРОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

HAZARDOUS PROCESSES AND PHENOMENA IN THE HYDROSPHERE OF THE EARTH

УДК 624.131.544: 551.311.2: 627.141.1

МАССОВОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СЕЛЕЙ В НИЗКОГОРЬЕ О. САХАЛИН: УСЛОВИЯ И ПОВТОРЯЕМОСТЬ

Н.А. Казаков^{1,2}

¹ФГБУН Специальное конструкторское
бюро средств автоматизации морских ис-
следований ДВО РАН,

Южно-Сахалинск, Россия

²НИЦ «Геодинамика»,

Южно-Сахалинск, Россия

cdsmd@yandex.ru

MASS FORMATION OF DEBRIS- FLOWS IN THE LOW MOUNTAINS OF SAKHALIN ISLAND: CONDITIONS AND REPEATABILITY

Nikolay A. Kazakov^{1,2}

¹Special Research Bureau for Automation of
Marine Researches of the Far Eastern
Branch of Russian Academy of Sciences,

Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

²Research Center «Geodinamics»,

Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

cdsmd@yandex.ru

Аннотация. В низкогорье Южного и Среднего Сахалина активно развиваются селевые процессы. Формируются селевые потоки всех типов: грязекаменные, грязевые, наносоводные, водоснежные. Средние объемы грязекаменных селей: 500 – 10 000 м³, максимальные – более 500 000 м³. В июле – октябре с периодичностью от 1 раза в 3-5 лет до 1 раза в 10-12 лет повторяются периоды массового селеобразования продолжительностью от 1 до 3-5 суток, связанные с выходом глубоких циклонов (50 мм и более осадков за

Abstract. In the debris-flows basins of the Southern and Middle part of Sakhalin island are formed debris-flows, mudflows, slush-flow and suspended stream. Average volumes of debris-flows: 500 - 10 000 m³, maximum more than 500 000 m³. In July-October, periods of mass formation of debris-flows and mudflows are repeated from 1 time in 3-5 years to 1 time in 10-12 years. These periods last from 1 to 3-5 days. These periods occur during deep cyclones (when more than 50 mm of precipitation falls per day). During these periods some hundreds of debris-flows

сутки), когда в большинстве селевых бассейнов формируются сотни грязевых, грязекаменных и наносоводных селей. Например, во время прохождения тайфунов «Оджин» и «Филлис» 3-5 августа 1981 г. на юго-западном побережье о. Сахалин на участке длиной 55 км сошло 154 селя максимальным объёмом до 12 тыс. м³, а на юго-восточном побережье (на участке длиной 30 км) сошло 55 селей максимальным объёмом до 35 тыс. м³. Периоды массового селеобразования на Южном Сахалине отмечались в 1947, 1951, 1964, 1965, 1970, 1972, 1978, 1981, 1992, 1993, 2000, 2002, 2003, 2009, 2010, 2011, 2013, 2016, 2018 г.г. Высокая интенсивность проявления на о. Сахалине селевых процессов обусловлена большой глубиной расчленения рельефа (500 – 1000 м), большими уклонами селевых русел (35°-50°), сильными атмосферными осадками (суточный максимум осадков – 230 мм, часовой – более 50 мм) и геологическим строением селевых бассейнов: молодые горные породы, слабосцементированные, легко размываемые и размокаемые (алевролиты, аргиллиты, песчаники), насыщающие селевой поток глинистыми фракциями, в сочетании с прочными интрузивными, вулканогенными и метаморфическими породами (диоритовые порфириды, андезиты, диориты, дациты, зеленокаменные сланцы, серпентиниты), образующими валунно-глыбовую фракцию селей.

and mudflows form in most mud basins. For example, during the passage of typhoons "Ojin" and "Phyllis" on August 3-5, 1981 on the South-Western coast of Sakhalin Island, 154 debris-flows and mudflows with a volume of up to 12 thousand m³ descended on a section 55 km long. At the same time, 55 debris-flows and mudflows with a volume of up to 35 thousand m³ descended on the South-Eastern coast of Sakhalin Island (on a section 30 km long). Periods of mass formation of debris-flows and mudflows on Southern Sakhalin were noted in 1947, 1951, 1964, 1965, 1970, 1972, 1978, 1981, 1992, 1993, 2000, 2002, 2003, 2009, 2010, 2011, 2013, 2016, 2018. The high intensity of the manifestation of debris-flows and mudflows processes on Sakhalin Island is due to the following factors: a large depth of relief (500 – 1000 m), large slopes of debris-flows and mudflows channels (35°-50°), strong precipitation (daily maximum precipitation – 230 mm, hourly – more than 50 mm), as well as the geological structure of debris-flows and mudflows basins: young rocks, weakly cemented, easily eroded and soaked (siltstones, mudstones, sandstones) saturating the debris-flows with clay fractions; strong Intrusive, volcanogenic and metamorphic rocks (diorite porphyrites, andesites, diorites, dacites, Greenstone shales, serpentinites), form a boulder-block fraction of mudflows.

Ключевые слова: период массового селеобразования; грязекаменный сель; грязевой сель; наносоводный сель; тайфун

Keywords: mass formation of debris-flows; debris-flow; mudflow; suspended stream; deep cyclones.

Введение

Селевые процессы широко распространены в низкогорье о. Сахалина. В селевых бассейнах Южного и Среднего Сахалина формируются селевые потоки всех типов: грязекаменные, грязевые, наносоводные, водоснежные. Средние объемы грязекаменных селей составляют 500 – 10 000 м³, максимальные – превышают 500 000 м³ [Казаков, Жукова, 1988; Казаков, 2000; Казаков, Жируев, 2004, 2006].

Частота формирования селей максимальных объёмов зависит от типа и состава горных пород потенциальных селевых массивов и морфометрических характеристик селевых бассейнов и в среднем составляет около 25 лет.

Поражаемость территории о. Сахалина селевыми процессами достигает 50%. Дальность выброса грязекаменных селей достигает 10 – 15 км, высота селевых волн – 12 м (р. Пулька, 1981 г).

Селеопасна территория 30 населенных пунктов Сахалинской области, в которых насчитывается 357 селевых бассейнов, более 300 км автомобильных и железных дорог, около 100 км нефтегазопровода «Сахалин-2».

В селеопасных зонах проживает более 100 000 человек.

Ущерб от селевых потоков на о. Сахалине выражается, в основном, в завалах и разрушении транспортных магистралей селевыми отложениями, реже – в повреждении и разрушении зданий и сооружений [Казакова, 2014].

Повторяемость грязевых и грязекаменных селей на Южном и Среднем Сахалине составляет (в зависимости от геологического строения селевого бассейна и состава горных пород в селевых очагах) один раз в 3 – 20 лет.

Однако в разных районах о. Сахалин (в зависимости от геологического и геоморфологического строения, режима и интенсивности атмосферных осадков) с периодичностью от 1 раза в 3-5 лет до 1 раза в 10-12 лет повторяются периоды массового селеобразования, во время которых формируются сотни грязевых, грязекаменных и наносоводных селей.

Именно в периоды массового формирования селей во время выпадения сильных осадков на Южном и Среднем Сахалине происходят многочисленные разрушения транспортных магистралей, объектов и сооружений и населённых пунктов [Казакова, 2014].

При этом зачастую косвенный экономический ущерб от селевых процессов (прекращение транспортного сообщения, подачи электроэнергии и так далее) во много раз превышает стоимость прямого ущерба от повреждения и разрушения дорожного полотна селевыми потоками.

В связи с этим, исследование вопроса о причинах и повторяемости периодов массового селеформирования представляется очень важным.

Методы исследования

Исследования селевых процессов на Южном Сахалине регулярно проводились в 1978-1985 г.г. (Сахалинское УГМС, Н.А. Казаков) и в 1985-2007 г.г. (Сахалинская геологоразведочная экспедиция, Г.В. Полунин, Т.Я. Герасимова), эпизодически в 1996-2019 г.г. (Сахалинское отделение МАНПО, НИЦ «Геодинамика», лаборатория лавинных и селевых процессов СФ ДВГИ ДВО РАН, лаборатория экзогенных геодинамических процессов и снежного покрова СКБ САМИ ДВО РАН).

Наиболее полно селевые процессы были исследованы в 1978-1980 г.г. при подготовке «Кадастра селей СССР»¹ (Сахалинское УГМС, Н.А. Казаков) и в 1981 г. при обследовании селей, сошедших во время прохождения тайфуна «Филлис» (Н.А. Казаков, Г.В. Полунин [Казаков, Жукова, 1988; Казаков, 2000; Полунин, 1983, 1989; Полунин, Бузлаев, 1984]).

В 1978-1985 г.г. Н.А. Казаковым были организованы стационары в двух селевых бассейнах на юго-западном и юго-восточном побережьях о. Сахалина, в которых проводились исследования геологического строения селевых бассейнов и вызывались искусственные сели малого объема для исследования их динамических характеристик [Казаков, Жукова, 1988].

После периодов массового схода селей исследовались следующие характеристики сошедших селей: объем, ширина фронта и зоны аккумуляции селей, плотность селевого потока и селевых отложений, глубина селевого потока (высший селевой горизонт, который определялся по отметкам селя на древесных стволах и бортах селевого русла), структурно-реологические и другие характеристики селевых потоков и потенциальных селевых массивов.

¹ Кадастр селей СССР. Том 18. Дальний Восток, Сахалин и Курильские острова. Выпуск 4. Л.: Гидрометеиздат, 1986.

Kadastr selej SSSR tom 18 Dal'nij Vostok, Sahalin i Kuril'skie ostrova. Vypusk 4. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986 (In Russian).

Количество выпавших атмосферных осадков определялось по данным ближайших к району селеобразования гидрометеорологических станций и постов и по данным суммарных осадкомеров, установленных в горах.

Результаты и их обсуждение

Высокая интенсивность проявления на о. Сахалине селевых процессов обусловлена сочетанием следующих факторов селеобразования:

- большая глубина расчленения рельефа (500 – 1000 м);
- большие уклоны селевых очагов и селевых русел (35°-50°);
- сильные осадки: за трое суток дождя в горах – более 1000 мм; суточный максимум осадков – 230 мм², часовой – более 50 мм; за 47 часов непрерывного дождя – 312 мм;
- геологическим строением селевых бассейнов: молодые горные породы, слабосцементированные, легко размываемые и размокаемые (алевролиты, аргиллиты, песчаники), насыщающие селевой поток глинистыми фракциями в сочетании с прочными интрузивными, вулканогенными и метаморфическими породами (диоритовые порфиристы, андезиты, диориты, дациты, зеленокаменные сланцы, серпентиниты) обеспечивающими валунно-глыбовую составляющую селевых потоков (рисунки 1-3);
- большим количеством селевых бассейнов: так, на береговых уступах в некоторых районах Южного Сахалина число селевых бассейнов на 1 км побережья достигает 6-7 (рисунки 4, 5).

Самая высокая частота селеобразования на о. Сахалине отмечается в селевых геосистемах на береговых уступах и на морских аккумулятивных и абразионно-денудационных террасах, где формируются грязекаменные, грязевые, наносоводные и водоснежные сели объемом от 0,5 до 50 тысяч м³ [Казаков, Жукова, 1988; Казаков, 2000; Казаков, Жируев, 2004, 2006; Рыбальченко, 2012а, 2012b, 2013; Рыбальченко, Верховов, 2017].

Плотность грязевых и грязекаменных селей составляет 1700 - 2100 кг/м³, скорость – 9-11 м/с, селевые расходы могут превышать 50 м³/с.

² Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Выпуск 34. Сахалинская область. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 353 с.
Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye. Vypusk 34. Sakhalinskaya oblast'. [Scientific-applied reference on the climate of the USSR. Series 3. Perennial data. Issue 34. Sakhalin region.] Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 1990, 353 p. (In Russian).



Рисунок 1. Селевой бассейн на р. Рогатка. Сусунайский хребет. Фото Н.А. Казакова

Figure 1. Debris-flow basin on the Rogatka River. Susunayskiy Ridge. Photo by N.A. Kazakov



Рисунок 2. Селевые отложения р. Рогатки в г. Южно-Сахалинске. Фото А. Петрова

Figure 2. Debris-flow deposits of the Rogatka River in Yuzhno-Sakhalinsk. Photo by A. Petrov



Рисунок 3. Селевые глыбы на р. Рогатке. Фото Е.Н. Казаковой

Figure 3. Debris-flow boulders on the Rogatka River. Photo by E.N. Kazakova

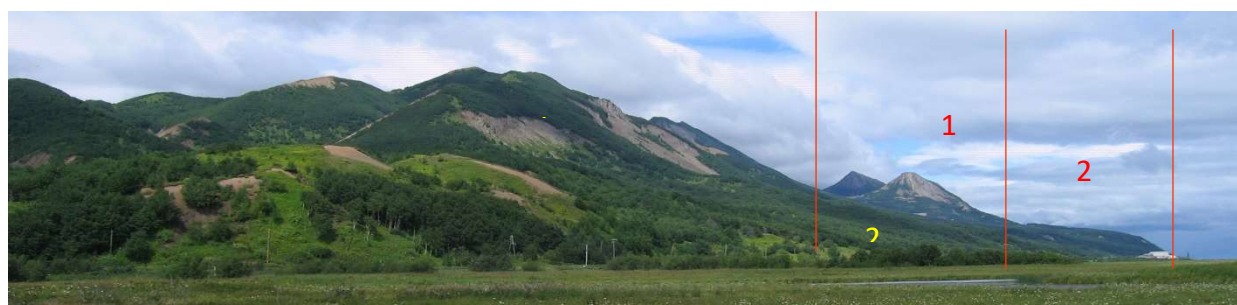


Рисунок 4. Селевые бассейны на береговом уступе. Юго -восточное побережье о. Сахалина.

1 - интрузивный массив. Селевые очаги. Диориты, габбро-диориты, диоритовые порфириты.

2 - Береговой уступ. Зона транзита селей. Селевые очаги. Алевролиты, аргиллиты, песчаники. Фото Н.А. Казакова

Figure 4. Debris-flow basins on a cliff. South-Eastern coast of Sakhalin Island. 1-Intrusive array.

Debris-flow sites. Diorites, gabbro-diorites, diorite porphyrites. 2 - Coastal ledge. Debris-flow transit zone. Siltstones, mudstones, sandstones. Photo by N.A. Kazakov



Рисунок 5. Селевой бассейн на береговом уступе. Юго -восточное побережье о. Сахалина.
Отложения грязекаменного селя. Фото Н.А. Казакова

Figure 5. Debris-flow basin on a cliff. South-Eastern coast of Sakhalin Island. Debris-flow deposits. Photo by N.A. Kazakov

Селеобразующая сумма осадков превышает 50 мм при интенсивности осадков 30-50 мм/сутки. Однако, в случае предшествующего увлажнения пород потенциальных селевых массивов селевые процессы могут начинаться и при выпадении 10-20 мм осадков.

Вообще предварительное увлажнение грунтов потенциальных селевых массивов в результате снеготаяния или продолжительных дождей в период, предшествующий выходу циклонов, является одним из обязательных условий массового формирования селей.

Высокая интенсивность проявления селевых процессов на береговых уступах обусловлена большими уклонами селевых очагов и селевых русел (35° - 50°) и составом горных пород в селевых очагах: слабосцементированные, легко размываемые и размокаемые алевролиты, аргиллиты, песчаники, слегающих днища и борта селевых очагов и селевых русел, за 1 – 3 года разлагаются до суглинков и в течение 2 – 3 лет формируют потенциальные селевые массивы толщиной 0,5 – 1,5 м.

Продукты разложения алевролитов и аргиллитов (средние и тяжёлые суглинки) насыщают селевой поток глинистыми фракциями и формируют коллоидную систему высокой плотности (1,5 – 1,9 кг/м³).

Высокая плотность жидкой составляющей селя позволяет ему переносить валунно-глыбовый материал (песчаники, алевролиты, интрузивные, вулканогенные и метаморфические породы) на расстояние до 5 и более км.

Важно отметить, что жидкая составляющая, традиционно называемая «селевой суспензией», с точки зрения физики является не суспензией, а золем (коллоидом) и именно потому и достигает высокой плотности и вязкости.

Массовое формирование селей на о. Сахалине происходит в июле – октябре с периодичностью от 1 раза в 3-5 лет (в береговых геосистемах) до 1 раза в 10-12 лет (в горной части острова) и зависит как от повторяемости сильных осадков, так и от геологического и геоморфологического строения селевых бассейнов.

Во время прохождения тайфунов «Оджин» и «Филлис» 3–5.08.1981 г. на юго-западном побережье о. Сахалин (Невельский и Холмский районы) на участке побережья длиной 55 км было зарегистрировано 154 грязевых и грязекаменных селя объёмом селей до 12 тыс. м³. В этот же период на юго-восточном побережье (Макаровский район) на участке длиной 30 км было зарегистрировано 55 селей объёмом до 50 тыс. м³.

Всего же на Южном и Среднем Сахалине на побережьях и в горах (Сусунайский, Камышовый, Южно-Камышовых хребты) автором было зарегистрировано более 500 грязевых, грязекаменных и наносоводных селей максимальным объёмом объём более 300 тыс. м³ (Сусунайских хребет; массив г. Макарова).

В результате массового селеобразования в августе 1981 г. в южных районах Сахалина селевыми потоками было разрушено в общей сложности несколько тысяч погонных метров автомобильных и железных дорог, разрушены линии связи и электропередач на протяжении нескольких тысяч метров, повреждено или разрушено несколько десятков жилых домов³; [Казаков, Жукова, 1988; Казаков, 2000; Полунин, 1983, 1989].

В сентябре 1992 г. массовое селеобразование на юго-восточном побережье (Макаровский район) вновь привело к многочисленным разрушениям полотна автомобильной и железной дорог, мостов, к повреждениям и разрушениям линий связи и электропередачи.

³ Кадастр селей СССР. Том 18. Дальний Восток, Сахалин и Курильские острова. Выпуск 4. Л.: Гидрометеиздат, 1986.
Kadastr selej SSSR tom 18 Dal'nij Vostok, Sahalin i Kuril'skie ostrova. Vypusk 4. L.: Gidrometeoizdat, 1986 (In Russian).

Автомобильное и железнодорожное сообщение между центральной и южной частью острова было прервано на две недели.

Массовый сход селей происходил на Южном Сахалине во время прохождения тайфунов «Чатаан» 11 - 15.07.2002 г., «Руса» 2.09.2002 г., при прохождении глубоких циклонов 26 – 30.07.2010 г., 11.08.2010 г., тайфуна «Джеби» 5-7.09.2018 г.

Последний период массового формирования селей отмечался на юго-восточном побережье о. Сахалина 5-6 сентября 2018 г. (рисунки 6-8).



Рисунок 6. Грязевой сель в г. Макарове 06.09.2018 г. Юго -восточное побережье о. Сахалина. Фото с сайта <https://sakh.com/>

Figure 6. Mudflow in the Makarov Town 06.09.2018. South-Eastern coast of Sakhalin Island.
Photo from the site <https://sakh.com/>



Рисунок 7. Грязевой сель в г. Макарове 06.09.2018 г. Юго -восточное побережье о. Сахалина. Фото с сайта <https://sakh.com/>

Figure 7. Mudflow in the Makarov Town 06.09.2018. South-Eastern coast of Sakhalin Island.
Photo from the site <https://sakh.com/>



Рисунок 8. Грязевой сель в г. Макарове 06.09.2018 г. Юго-восточное побережье о. Сахалина.

Фото с сайта <https://sakh.com/>

Figure 8. Mudflow in the Makarov Town 06.09.2018. South-Eastern coast of Sakhalin Island.

Photo from the site <https://sakh.com/>

После массового схода селей селевые очаги освобождаются от потенциальных селевых массивов накопления и в последующие 3-5 лет сильные дожди не приводят к образованию селей. Так, в августе 1981 г. на юго-восточном побережье о. Сахалина (Макаровский район) произошёл массовый сход селей. Летом 1982 г. в этот район вышел глубокий циклон, во время которого сумма выпавших осадков на гидрометеорологической станции «Макаров» превысила сумму осадков, выпавших во время тайфуна «Филлис» в 1981 г. Тем не менее, в районе не сошёл ни один сель – по той причине, что рыхлообломочные горные породы были вынесены из селевых очагов и селевых русел годом ранее, а новые потенциальные селевые массивы накопиться не успели.

Продолжительность периодов массового селеобразования составляет, как правило, от 1 до 3-5 суток.

Массовое формирование склоновых селей происходит также в береговых селевых геосистемах в середине мая – начале июня даже при выпадении менее 10 мм жидких осадков за сутки или во время продолжительных сильных туманов.

Малая величина селеобразующей суммы осадков в этот период обусловлена особенностями развития селевых процессов на береговых уступах и на морских террасах: активизация селевых процессов вызывается переувлажнением грунтов в потенциальных

селевых массивах вследствие весеннего снеготаяния: слабые осадки и продолжительные (более 7 суток) туманы приводят к переувлажнению грунтов до пределов текучести. Грунты переходят в текучее состояние и формируют грязевые и грязекаменные сели.

Грунты, переходя в текучее состояние, трансформируются в селевой поток. Как правило, в этот период формируются вязкие грязевые и грязекаменные потоки высокой плотности (до 1900-2100 кг/м³) и малых объёмов (0,2 – 2,0 тыс. м³). В связи с высокой плотностью селевой массы длина пути селей меньше, чем длина пути селей, сформировавшихся во время сильных дождей.

Порой массовый сход грязевых селей происходит на побережьях острова в мае – июне по окончании периода весеннего снеготаяния: при последующем увлажнении грунтов потенциальных селевых массивов за счет слабых дождей и густых туманов формируются жидкие грязевые потоки объемом до 0,5 тыс. м³.

Периоды массового селеобразования отмечались на Южном и Среднем Сахалине в 1872, 1875, 1928, 1931, 1935, 1936, 1932, 1942, 1944, 1947, 1954, 1964, 1970, 1976, 1978, 1981, 1992, 1993, 1998, 2002, 2003, 2009, 2010, 2011, 2013, 2018 г.г. (Таблица 1).

Таблица 1. Некоторые случаи массового формирования селей на о. Сахалине в 1872–2018

Table 1. The mass of debris-flows formation on the Sakhalin Island in 1872 – 2018.

№№п/п	Дата Date	Количество селей Number of debris-flows	Типы селей Debris-flows types	Объём селей, тыс. м ³ Debris-flows volume, thousand m ³		Сумма осадков, мм Amount of precipitation, mm	Дата выпадения осадков Date of precipitation
				Средн. Average	Макс Max.		
1.	Июль – август 1872		ГК		Более 300,0		Июль – август 1872
2.	07-19.09.1875		ГК		Более 300,0		07 - 19.09.1875
3.	1944						
4.	1947		ГК		Более 100,0		
5.	1954						
6.	11-13.09.1956					126,9	11- 13.09.1956
7.	3-5.06.1964					42,2	06.06.1964
8.	17.07.1967					163,1	17.07.1967
9.	18-19.09.1970					167,2	18- 19.09.1970

№№п/п	Дата Date	Количество селей Number of debris-flows	Типы селей Debris-flows types	Объём селей, тыс. м³ Debris-flows volume, thousand m³		Сумма осадков, мм Amount of precipitation, mm	Дата выпадения осадков Date of precipitation
				Средн. Average	Макс. Max.		
10.	18-19.09.1970					335,5	18.09.1970
11.	20-21.07.1978		Г, ГК, НВ			163,4	13-17.07.1978
12.	3-4.08.1978		Г, ГК, НВ			147,2	3-4.08.1978
13.	5-6.08.1981	более 500	Г, ГК, НВ	5,0	Более 300,0	1277,0	3-6.08.1981
14.	6-7.04.1982	3	ВСП			32,1	6 - 7.04.1982
15.	2-5.09.1992		Г, ГК, НВ			142,3	2-3.09.1992
16.	1993		Г, ГК, НВ			329	
17.	25-26.09.1996	23	Г, ГК, НВ		2,0		
18.	21 - 22.07.2000	48	Г, ГК, НВ	0,3	18,0		
19.	22-24.06.2009	50	Г, ГК, НВ		3,0		22-24.06.2009
20.	28-30.07.2010	67	Г, ГК, НВ	0,5	4,0	157,0	26-30.07.2010
21.	10-11.08.2010	22	Г, ГК, НВ	0,1		145,3	9-12.08.2010
22.	2011		Г, ГК, НВ				
23.	2013		Г, ГК, НВ				
24.	4-9.09.2016		Г, ГК, НВ				
25.	21-22.07.2017		Г, ГК, НВ				
26.	04 –05.09.2018		Г, ГК, НВ		10,0	125,0	4 -5.09.2018

Примечание. Тип селя: Г – грязевой, ГК – грязекаменный,

НВ – наносоводный, ВСП – водоснежный.

Note. Debris flows type: Г – mudflow, ГК – debris flows, НВ - suspended stream, ВСП – slushflow.

Выводы

1. Доминирующими факторами селевых процессов на о. Сахалине при массовом селеобразовании являются геологические факторы: состав горных пород потенциальных селевых массивов накопления, степень их увлажнения и критический объём.
2. Сильные атмосферные осадки приводят к массовому селеобразованию только при соответствующем состоянии потенциальных селевых массивов.
3. Одним из обязательных условий массового формирования селей является предварительное увлажнение грунтов потенциальных селевых массивов в результате снеготаяния или продолжительных дождей в период, предшествующий выходу циклонов.
4. После массового схода селей селевые очаги освобождаются от потенциальных селевых массивов накопления и в последующие 3-5 лет сильные дожди не приводят к образованию селей.
5. В связи с предыдущим выводом, рассчитывать значения селевых расходов 1% и 5% обеспеченностей на основе расчёта расходов и уровней водных паводков в селеопасных водотоках 1% и 5% обеспеченности и на основе расчётов 1% и 5% обеспеченности осадков, выпадающих в селевом бассейне недопустимо.
6. Периоды массового селеобразования отмечались на Южном и Среднем Сахалине в 1872, 1875, 1928, 1931, 1935, 1936, 1932, 1942, 1944, 1947, 1954, 1964, 1970, 1976, 1978, 1981, 1992, 1993, 1998, 2002, 2003, 2009, 2010, 2011, 2013, 2018 г.г.
7. В среднем, периоды массового формирования селей повторяются на Среднем и Южном Сахалине каждые 5 – 6 лет.

Литература

References

Казаков Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин): Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Южно-Сахалинск, 2000. 36 с.

Kazakov N.A. *Geologicheskie i landshaftnye kriterii ocenki lavinnoj i selevoj opasnosti pri stroitel'stve linejnyh sooruzhenij (na primere o. Sahalin). Avtoref. diss. kand. geol.-min. nauk. [Geological and landscape criteria for assessing avalanche and debris flow hazard during the construction of linear structures (on the example of Sakhalin Island). Ph. D. (geological and mineralogical) Thesis].* Yuzhno-Sahalinsk, 2000. 36 p. (In Russian).

Казаков Н.А., Журуев С.П. Методика построения среднemasштабных карт природных селевых комплексов // Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации и земельный кадастр / Под ред. Г.Л. Кофф Вып. 5. М.: Полтекс, 2002. С. 113-114.

Казаков Н.А., Журуев С.П. Таксономические категории природных селевых комплексов (на примере о. Сахалин) // Материалы Шестой всероссийской конференции «Оценка и управление природными рисками (Риск – 2006)» (г. Москва, 20 апреля 2006 г.). М.: РУДН, 2006. С. 48-50

Казаков Н.А., Жукова З.И. Районирование о. Сахалин по степени проявления селевой деятельности // Труды гидрометцентра Сахалинского УГМС. Региональные исследования. Южно-Сахалинск: СУГМС, 1988. С. 131-137.

Казакова Е.Н. Ущерб от селевых потоков на о. Сахалин // Сборник трудов III Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, про-

Kazakov N.A., Zhiruev S.P. Metodika postroeniya srednemashtabnykh kart prirodnykh selevykh kompleksov [Methodology for constructing medium-sized maps of natural mudflow complexes]. In G.L. Koff (ed.), *Prikladnaya geoekologiya, chrezvychajnye situacii i zemel'nyj kadastr* [Applied geoecology, emergency situations and land cadastre]. Vol. 5. Moscow, Publ. Polteks, 2002, pp. 113-114. (In Russian).

Kazakov N.A., Zhiruev S.P. Taksonomicheskie kategorii prirodnykh selevykh kompleksov (na primere o. Sakhalin) [Taxonomic categories of natural mudflow complexes (on the example of Sakhalin Island)]. *Materialy Shestoi vserossiiskoi konferentsii «Otsenka i upravlenie prirodnymi riskami (Risk – 2006)» (g. Moskva, 20 aprelya 2006 g.)* [Materials of the Sixth All-Russian Conference “Assessment and Management of Natural Risks (Risk – 2006)” (Moscow, April 20, 2006)]. Moscow, Publ. RUDN, 2006, pp. 48-50 (In Russian).

Kazakov N.A., Zhukova Z.I. Raionirovanie o. Sakhalin po stepeni proyavleniya selevoi deyatel'nosti [Zoning of Sakhalin Island by the degree of manifestation of mudflow activity]. *Trudy gidromettsentra Sakhalinskogo UGMS. Regional'nye issledovaniya* [Proceedings of the hydrometeorological center of the Sakhalin Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring (SDHEM). Regional studies]. Yuzhno-Sakhalinsk, Publ. of SDHEM, 1988, pp. 131-137. (In Russian).

Kazakova E.N. Ushcherby ot selevykh potokov na o. Sakhalin [Damage from mudflows on Sakhalin Island]. In Kazakov N.A. (ed.) *Sbornik trudov tret'ei Mezhdunarodnoi konferentsii «Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zash-*

гноз, защита» (Южно-Сахалинск, 22-26 сентября 2014 г.). Южно-Сахалинск: Сахалинский филиал ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, 2014. С. 75-77.

Полунин Г.В., Бузлаев В.А. Карта литологических комплексов и проявлений экзогенных процессов Сахалина: масштаб 1:500 000. М.: ГУГК, 1984.

Полунин Г.В. Динамика и прогноз экзогенных процессов: физические аспекты экзогенных процессов. М.: Наука, 1989. 231 с.

Полунин Г.В. Экзогенные геодинамические процессы гумидной зоны умеренного климата (физические аспекты экзогенных процессов). М.: Наука, 1983. 249 с.

Рыбальченко С.В. Активизация селевых процессов на юго-западном побережье Южного Сахалина в июле-августе 2010 года // Материалы 4-й Всероссийской конференции молодых ученых «Современные проблемы геологии, геохимии и геоэкологии Дальнего Востока России» (г. Владивосток, 27 августа-5

сентября 2014 г.) [*Proceedings of the third International Conference "Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection" (Yuzhno-Sakhalinsk, September 22-26, 2014)*]. Yuzhno-Sakhalinsk, Publ. of Sakhalin Department of Far East Geological Institute FEB RAS, 2014, pp. 75-77. (In Russian; abstract in English).

Polunin G.V., Buzlaev V.A. *Karta litologicheskikh kompleksov i proyavlenii ekzogennykh protsessov Sakhalina: masshtab 1:500 000* [Map of lithological complexes and manifestations of exogenous processes of Sakhalin: scale 1:500 000]. Moscow, Publ. of Main Office of Geodesy and Cartography USSR, 1984. (In Russian).

Polunin G.V. *Dinamika i prognoz ekzogennykh protsessov: fizicheskie aspekty ekzogennykh protsessov* [Dynamics and prognosis of exogenous processes: physical aspects of exogenous processes]. Moscow, Publ. Nauka, 1989. 231 p. (In Russian).

Polunin G.V. *Ekzogennye geodinamicheskie protsessy gumidnoi zony umerennogo klimata (fizicheskie aspekty ekzogennykh protsessov)* [Exogenous geodynamic processes of the humid zone of a temperate climate (physical aspects of exogenous processes)]. Moscow, Publ. Nauka, 1983. 249 p. (In Russian).

Rybal'chenko S.V. Aktivizatsiya selevykh protsessov na yugo-zapadnom poberezh'e Yuzhnogo Sakhalina v iyule-avguste 2010 goda [Intensification of mudflow processes on the southwestern coast of South Sakhalin in July-August 2010]. *Materialy chetvertoi Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh «Sovremennye problemy geologii, geokhimii i geoekologii Dal'nego Vostoka Rossii»* (g. Vladivostok, 27 avgusta-5 sentyabrya 2012 goda) [Materials of

сентября 2012 года). Владивосток: Дальнаука, 2012а. С. 42-44.

Рыбальченко С.В. Опасность склоновых селевых потоков на юго-западном побережье Сахалина и западном побережье залива Терпения // Труды Второй конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», посвященной 100-летию С.М. Флейшмана (г.Москва, 17-19 октября 2012 года) / Отв. ред. С.С. Черноморец. М.: Географический факультет МГУ, 2012б. С. 82-83.

Рыбальченко С.В. Селевые процессы на склонах морских террас Южного Сахалина. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2013. № 3 (169). С.52-59.

Рыбальченко С.В., Верховов К.В. Склоновые селевые бассейны и их морфодинамические особенности. // Геориск. 2017. № 4. С. 58-63.

the fourth All-Russian conference of young scientists "Modern problems of geology, geochemistry and geoecology of the Far East of Russia" (Vladivostok, August 27-September 5, 2012)]. Vladivostok: Publ. Dal'nauka, 2012a, pp. 42-44. (In Russian).

Rybal'chenko S.V. Opasnost' sklonovykh selevykh potokov na yugo-zapadnom poberezh'e Sakhalina i zapadnom poberezh'e zaliva Terpeniya [Debris flow hazard on southwestern shore of Sakhalin Island and western shore of the Terpeniya Bay]. In Chernomorets S.S. (ed.) *Trudy Vtoroi konferentsii «Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita», posvyashchennoi 100-letiyu S.M. Fleishmana (g.Moskva, 17-19 oktyabrya 2012 goda) [Proceedings of the Second Conference «Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection» dedicated to 100th anniversary of S.M. Fleishman (Moscow, October 17-19, 2012)]*. Moscow, Publ. Geograficheskii fakul'tet MSU, 2012b, pp. 82-83. (In Russian).

Rybal'chenko S.V. Selevye protsessy na sklonakh morskikh terrasakh Yuzhnogo Sakhalina [Mudflows on the slopes of the marine terraces of South Sakhalin]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk [Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences]*, 2013, No 3 (169), pp.52-59. (In Russian).

Rybal'chenko S.V., Verkhovov K.V. Sklonovye selevye basseiny i ikh morfodinamicheskie osobennosti [Slope debris flow basins and their morphodynamic features]. *Georisk [Georisk]*. 2017, No 4, pp. 58-63, 78. (In Russian, abstract in English).