

**ОПАСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГИДРОСФЕРЕ:
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ
HAZARDOUS PROCESSES IN THE HYDROSPHERE:
FUNDAMENTAL AND ENGINEERING ASPECTS**

УДК 551.311.2: 551.578.48: 624.131.544: 627.141.1

DOI: 10.34753/HS.2020.2.2.122

**ЛАВИНЫ, СЕЛИ И ОПОЛЗНИ НА
ОСТРОВЕ МОНЕРОН**

**AVALANCHES, DEBRIS-FLOWES
AND LANDSLIDES ON THE
MONERON ISLAND**

Н.А. Казаков

Nikolay A. Kazakov

*ФГБУН Специальное конструкторское бюро
средств автоматизации морских исследований
ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия;
cdsmid@yandex.ru*

*Special Research Bureau for Automation of Marine
Researches, Far Eastern Branch of Russian
Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia;
cdsmid@yandex.ru*

Аннотация. Представлены основные результаты проведённых исследований лавинных, селевых и оползневых процессов на острове Монерон. Лавины всех генетических типов объёмом от 25 до 70 000 м³ формируются с декабря по апрель. Связные грязекаменные сели объёмом от 300 до 50 000 м³ и несвязные сели (наносоводные потоки) объёмом до 1000 м³ формируются с апреля по ноябрь в бассейнах водотоков, в денудационных воронках, в оползневых цирках и мульдах. Повторяемость селей объёмом до 3 000 м³ – 1 раз в 5-7 лет, селей объёмом более 10 000 м³ – 1 раз в 10-20 лет. Формируются *поверхностные оползни-оплывины (сплывы)* объёмом 500-5 000 м³ с глубиной захвата до 2,5 м делювиальных рыхлых отложений, залегающих на миоцен-плиоценовых трещиноватых базальтах и аргиллитах. На береговых склонах формируются *блоковые оползни в скальных породах* объёмом 50 000-500 000 м³ и более с глубиной захвата пород более 10 м. Блоковые оползни сходят во время землетрясений и (или) сильных продолжительных дождей в морскую акваторию и способны вызывать цунами, которые могут достигать берегов островах Сахалин, Хоккайдо и Приморья. На телах старых оползней развиваются *вторичные блоковые асеквентные оползни медленного смещения и оползни вязкопластического смещения* объёмом

Abstract. On Moneron Island actively develops avalanche, debris-flow and landslide processes. Avalanches with a volume from 25 to 70 000 m³ are formed in avalanche catchments and avalanche slopes with a height of 70-300 m and a steepness of 35°-50°. Avalanches are formed that are associated with recrystallization of the snow column and the formation of weak layers inside it and at time during of snow fall and blizzard. Debris-flow are formed in the numerous streams, in the craters of denudation and landslide cirques and troughs. In small watercourses, connected debris-flows with a volume from 300 to 50 000 m³ and disconnected suspended streams with a volume of up to 1,000 m³ are formed. In large debris-flow are volume more them 50,000 m³. The debris-flow period lasts from April to November. Repeatability of debris-flows of up to 3,000 m³ – 1 time in 5-7 years, debris-flows of more than 10,000 m³ – 1 time in 10-12 years. Surface landslides are formed (volume of 500-5 000 m³) with a depth of capture of rocks up to 2.5 m (mainly on the slopes facing the sea coast with a steepness of 40-50°) in low-power (1.0-2.5 m) deluvial loose deposits of fractured basalts and mudstones. Block landslides in rocks with a volume of 50 000-500 000 m³ or more with a rock capture depth of more than 10 m are formed on the coastal slopes. Block landslides descend during earthquakes and (or) heavy prolonged rains into the sea area and can cause tsunamis that can reach the shores of

5 000-30 000 м³ с глубиной захвата пород до 10 м. Формирование оползней и селей больших объёмов и массовое формирование оползней и селей происходит в июле-октябре при выпадении сильных интенсивных осадков после предшествующего увлажнения горных пород, вызванного сильными продолжительными дождями. Суточная сумма осадков может достигать 89,0 мм. На острове Монерон происходили катастрофы, вызванные сходом лавин и оползней. В 1914 г. в деревне Нагахамма (восточное побережье острова) в лавине погибло 4 человека; в 1917 г. в деревне Нишихамма (западное побережье острова) в лавине погиб 1 человек. В сентябре 1957 г. оползнем был разрушен посёлок Бодрий. В октябре 2015 г. оползнями была разрушена туристическая тропа в бухте Чупрова.

Ключевые слова: грязекаменный сель; лавина; лавинная геосистема; лавиносбор; остров Монерон; оползень; оползневой массив; селевой бассейн; селевая геосистема; селевой процесс

Введение

При хозяйственном освоении малых изолированных территорий, слабо заселённых или не заселённых (в частности, малых островов) зачастую оказывается, что на такой территории развиваются опасные экзогенные процессы, затрудняющие, а порой делающие и невозможным ведение хозяйственной деятельности.

Однако опасные экзогенные процессы на многих изолированных территориях слабо изучены или не изучены и риски от лавин, селей и оползней при разработке экономических или социальных проектов во внимание не принимаются.

Начавшееся в 2000-е годы строительство на острове Монерон туристического комплекса

Sakhalin Island, Hokkaido and the Maritime provinces. On the bodies of old landslides secondary block asequent landslides of slow displacement and landslides of viscoplastic displacement with a volume of 5 000-30 000 м³ with a depth of rock capture up to 10 m develop. The formation of landslides and debris-flows of large volumes and mass formation of landslides and debris-flows occurs when heavy intense precipitation falls after the previous moistening of rocks caused by heavy prolonged rains. Daily precipitation can reach 89.0 mm. In 1914, 4 people was killed in an avalanche in the village of Nagahama; in 1917, 1 person was killed in an avalanche in the village of Nishihama. In September 1957, a landslide destroyed the village of Bodriy. In October 2015, a tourist trail was destroyed by landslides.

Keywords: avalanche; avalanche catchments; avalanche geosystem; coherent debris-flow; debris-flow; debris-flow basin; debris flow process; debris-flow geosystem; landslide; Moneron Island

показало, что без изучения опасных природных процессов и принятия мер по снижению рисков от них туристическая деятельность будет приносить убытки и создавать риски для персонала и туристов.

Так, осенью 2015 г. оползнями была разрушена туристическая тропа – единственный путь, соединяющий пристань с гостиничным комплексом.

Остров Монерон (рисунок 1) расположен в Татарском проливе в 43 километрах от юго-западного побережья острова Сахалин. Остров представляет собой потухший вулкан [Гранник, 2014].

Длина острова с юга на север – 7 км, наибольшая ширина с запада на восток – 3,6 км, площадь – около 30 км².

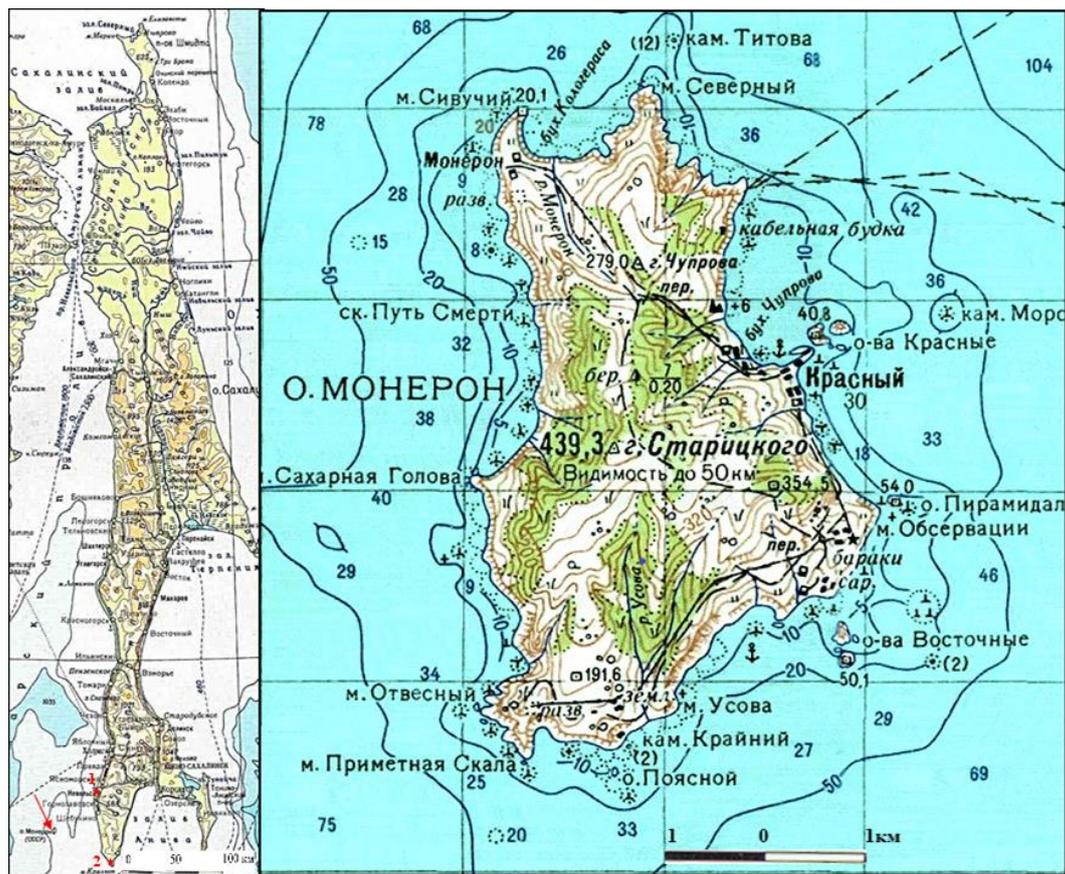


Рисунок 1. Остров Монерон. Гидрометеорологические станции: 1 – «Невельск», 2 – «Мыс Крильон»
Figure 1. Moneron Island. Hydrometeorological stations: 1 – "Nevelsk", 2 – "Cape Krillon"

Остров представляет собой сглаженный неогеновый щитообразный вулкан гавайского типа [Разжигаева, Плетнев, 2006] с выположенной привершинной поверхностью, над которой выступают несколько обособленных горных хребтов и вершин. Высшая отметка – гора Старецкого (439,3 м). Рельеф – низкогорно-холмистый. Берега слабо изрезанные, обрывистые. Бухты формируются в результате абразии берегов преимущественно в местах выхода осадочных пород. Мысы, разделяющие бухты, сложены базальтами чеховской свиты [Ерохов и др., 1971]. Сравнительно выровненные и долинные участки находятся в южной и северной частях острова. Остров изрезан руслами многочисленных мелких водотоков. Самые большие реки – р. Усова (длина 2,5 км) и р. Монерон (длина 1,5 км).

Постоянное гражданское население проживало на острове с 1905 по 1970 годы. В настоящее время постоянного населения на

острове нет. В 2008 году на острове Монерон был открыт туристический комплекс с базой отдыха.

Специальные наблюдения за лавинными и селевыми процессами на острове Монерон не проводились.

В литературе о распространении лавин и селей на территории СССР и России, сведений о лавинах и селях на острове Монерон нет [Флейшман, 1978; Шеко, 1980; Карта литологических комплексов, 1984; Кадастр селей СССР, 1986; Кадастр лавин СССР, 1988; Атлас снежно-ледовых ресурсов мира, 1998; География лавин, 1992; Казаков, Жируев, 2002; Казаков, Жируев, 2006; Перов, 2012; Казаков, Жируев, Древило, 2019].

Исключение составляет работа [Podolskiy et al., 2014], в которой упоминается о двух случаях гибели людей в лавинах на острове Монерон: без указания места и числа погибших.

В сентябре 1971 г. Н.Н. Леоновым и другими исследователями в северо-восточной части острова после землетрясения,

происшедшего 06.09.1971 г., были описаны сейсмогенные оползни [Щетников, 1981]. Других сведений об оползнях на острове нет и оползневые процессы острова Монерон не изучены.

Однако имеются сведения о разрушениях и гибели людей в лавинах (1914, 1917 гг.) и оползнях (в 1957 году оползнем был разрушен посёлок Бодрый).

Методы исследования

В основу настоящей статьи положены результаты полевых исследований лавинных, селевых и оползневых процессов, проводившихся Н.А. Казаковым и С.П. Жируевым на острове Монерон в 2016 году.

Морфометрические характеристики лавиносборов определялись на основе материалов полевых исследований. Характеристики лавин и лавинного режима и интенсивность проявления лавинных процессов определялись на основе материалов полевых исследований и рассчитывались на основе материалов гидрометеорологических наблюдений на основе общих закономерностей эволюции снежного покрова и лавинных геосистем [Казаков, 2000; Kazakov et al., 2012; Казаков, Жируев, Древилло, 2019] с учётом материалов многолетних наблюдений за снежным покровом и лавинными процессами на юго-западном побережье острова Сахалин: лавинные геосистемы на этом участке и на острове Монерон однотипны.

При полевых исследованиях определялись структурно-реологические характеристики селей и потенциальных селевых массивов, типы селевых процессов и типы селей, границы вероятной дальности пробега селей, высший селевой горизонт (по селевым отметкам на древесных стволах и бортах селевых русел), литологические характеристики и толщина селевых отложений, объёмы, ширина фронта и зоны аккумуляции селей, плотность селевого потока.

Частота формирования селей и периоды годовой активности определялись на основе полевых оценок состояния рыхлообломочных

пород в селевом очаге (с учётом характеристик горных пород в очагах твёрдого питания селей) и по результатам проходки и описания закопшек и обнажений в селевых отложениях.

Характеристики селей и селевого режима и интенсивность проявления селевых процессов определялись на основе материалов полевых исследований и рассчитывались на основе материалов гидрометеорологических наблюдений на основе общих закономерностей эволюции селевых геосистем [Казаков, 2000; Казаков, Жируев, 2002; Казаков, 2015а] с учётом материалов многолетних наблюдений за селеформирующими горными породами и селевыми процессами на юго-западном побережье острова Сахалин: селевые геосистемы на этом участке и на острове Монерон однотипны.

Типы оползней, высота и ширина фронта оползней, ширина зоны аккумуляции, плотность и толщина оползневых отложений, границы и площади зоны развития оползневых процессов определялись как во время полевых работ, так и по архивным материалам. Морфометрические характеристики определялись при помощи лазерной рулетки (точность – 5 мм) и лазерного дальномера. Максимальный объём оползней рассчитывался на основе полевых исследований по определению максимальной глубины захвата пород и площади оползневого массива. Периоды годовой активности оползневых процессов, повторяемость их активизации определялись на основе полевых наблюдений и архивных материалов.

Расчёт параметров гидрометеорологических факторов лавинных, селевых и оползневых процессов выполнялся на основе материалов наблюдений гидрометеорологических станций (далее – ГМС) «Монерон», «Невельск» и «Мыс Крильон».

Факторы лавинных, селевых и оползневых процессов на острове Монерон

Геологическое строение территории, её рельеф и климат являются факторами, определяющими интенсивность проявления

лавиновых, селевых и оползневых процессов и условия их развития.

Геологические факторы

Одним из основных факторов развития лавинных, селевых и оползневых процессов являются свойства горных пород, слагающих исследуемую территорию. От них зависит степень расчленённости рельефа, устойчивость склонов и скорость выветривания.

В геологическом строении изучаемого района принимают участие вулканогенно-осадочные горные породы палеогенового, неогенового и четвертичного возрастов [Симаненко, Голозубов, Милиновский, 2010; Геология СССР, 1970; Гранник, 2014].

Палеогеновые отложения *татарской толщи* ($P_{2,3tt}$) слагают цоколь современной постройки острова Монерон. Представлены они диабазами, базальтами, туффитами, туфопесчаниками и алевролитами. Общая мощность толщи составляет 200 м.

Восточномонеронская толща (N_{1vm}) нижнего миоцена развита на восточном побережье острова Монерон от бухты Южная до северной оконечности бухты Чупрова. Представлена чередованием алевролитов, песчаников, туффитов, туфов, аргиллитов, редко диатомитов. Песчаники и алевролиты вулканомиктовые. В аргиллитах глинистая фракция составляет 75-80% массы породы. Общая мощность толщи не превышает 150 м.

Верхнюю часть современной постройки острова Монерон слагает *Монеронская толща* (N_{1-2mn}), которая включает вулканогенные образования: лавы, лавобрекчии, гиалокластиты, туфы базальтов и андезибазальтов, прослой туфопесчаников, туфогравелитов и вулканомиктовых алевролитов. Возраст толщи принят позднемиоценовым – плиоценовым. Мощность толщи – более 320 м.

Рыхлые *четвертичные* образования сформированы в результате процессов выветривания, размыва, а также переотложения коренных пород и имеют с ними идентичный литологический состав. Породы представлены совокупностью делювиальных, элювиально-делювиальных, коллювиальных и

пролювиальных грунтов верхнечетвертичного – современного звеньев. Распространены они на склонах, а также в долинах ручьев, эрозионных врезках и денудационных воронках. Отложения преимущественно дресвяно-валунные с супесчано-глинистым заполнителем. На обвально-осыпных склонах грунты имеют более грубый щебенисто-глыбовый состав. Мощность четвертичных образований изменяется от 1-2 до первых десятков метров (на площадях развития обвалов и оползней).

В 2016 г. автором были отобраны пробы для определения физико-механических свойств аргиллитов на участке формирования оползней-оплывин на восточном побережье острова. Опыт на размокание показал, что блоки аргиллитов в первые 2-6 часов распались по трещинам, залеченным железистым цементом на более мелкие агрегаты, сохранившие целостность в последующие 12 суток. Плотность аргиллитов в естественном сложении – 2,20-2,25 г/см³. На 75-80% порода состоит из глинистых частиц.

Гидрогеологические условия.

Гидрогеологические условия территории определяются составом и фильтрационными свойствами горных пород, условиями залегания и распространения водовмещающих пород, климатическими факторами. По условиям залегания и характеру циркуляции в водовмещающих породах на острове Монерон представлены грунтовые поровые и пластово-поровые воды четвертичных отложений, а также трещинно-жильные воды водоносных комплексов миоцен-плиоценовых образований. Водоносные горизонты и комплексы имеют между собой гидравлическую связь. Питание грунтовых вод осуществляется за счёт инфильтрации атмосферных осадков и перетока из смежных водоносных комплексов. Разгрузка осуществляется по нисходящим родникам в основании склонов, в поверхностные водотоки и непосредственно в море. Режим подземных вод не изучен.

Сейсмичность. Сейсмичность острова Монерон в соответствии с ОСР 97, по карте А составляет 9 баллов по шкале MSK64, по карте В – 9 баллов, и С – 10 баллов для грунтов

II категории по сейсмическим свойствам¹. При сильных землетрясениях после периодов длительного увлажнения горных пород или во время и после сильных дождей могут формироваться блоковые оползни больших объёмов, оползни-оплывины, а также снежные лавины.

Таким образом, геологические условия на острове Монерон (малопрочные породы – песчаники, лавы, лавобрекчии и др., а также легко размокаемые алевролиты и аргиллиты в сочетании с большим количеством рыхлых делювиальных, элювиально-делювиальных, коллювиальных и пролювиальных грунтов) исключительно благоприятны для развития оползневых и селевых процессов.

Геоморфологические факторы

Геоморфологическое строение территории определяет интенсивность проявления оползневых, селевых и лавинных процессов и в значительной степени регулирует характер снегопереноса и снегонакопления, опосредованно влияя на увлажнение массивов горных пород и определяя условия образования и режим лавин.

На острове Монерон развит денудационно-эрозионный и денудационно-абразионный рельеф, сформированный на вулканогенно-осадочных образованиях. Поверхность террасирована, фрагментарно выделяются три уровня морских террас высотой 15-25, 45-55 и 80-120 м.

Относительные превышения составляют от 15-25 до 80-120 и более метров. Наивысшая отметка острова Монерон – гора Старицкого (439 м).

Преобладающая крутизна склонов – от 12° до 40-45°; на абразионных и обвальноподолзневых уступах, сложенных крепкими породами, уклоны могут превышать 60°.

Долины рек и ручьев имеют V-образный профиль.

Таким образом, геоморфологические условия на острове Монерон благоприятны для активного развития оползневых, селевых и лавинных процессов.

Геоботанические факторы

Геоботанические факторы в значительной степени регулируют интенсивность проявления оползневых, селевых и лавинных процессов. Однако на острове Монерон влияние геоботанических факторов на исследуемые процессы крайне незначительно.

Растительный покров на острове сильно изменён многолетними антропогенными воздействиями, которые привели не только к уничтожению или сокращению площадей отдельных растительных формаций острова, но также к фрагментации и мозаичности растительного покрова в целом. Преобладают луга и заросли курильского бамбука. Структура растительного покрова: заросли курильского бамбука – 30-33%, луга – 40-42%, леса – около 20% площади острова, остальная часть – скальные участки и фрагменты других растительных комплексов [Сабилов и др., 2010].

Современный лесной покров состоит из вторичных растительных сообществ, среди которых преобладают каменноберезняки (берёза Эрмана). Здесь так же встречаются лиственничники, ольшанники, темнохвойные и широколиственные леса. Лесообразующими породами в них выступают берёза Эрмана, лиственница Каяндера, ель аянская, пихта сахалинская, ольховник Максимовича, бархат сахалинский и др. [Сабилов и др., 2010]. Единственным, сохранившимся от рубок и пожаров фрагментом зрелого хвойного леса является небольшой его участок возле бывшего посёлка Красный в районе бухты Чупрова (ель аянская, участвуют каменная берёза, вишня сахалинская, ольховник Максимовича, клён Майра).

Верхняя зона склонов (зоны зарождения лавин, отрыва оползней и очагов твёрдого питания селей) либо занята редколесьем каменной берёзы с можжевельником в подлеске (рисунок 2) либо лишена древесной и кустарниковой растительности и представлена травянистой растительностью.

¹СП 14.13330.2018. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. М., 2018.



Рисунок 2. Растительность в зонах зарождения лавин (бухта Чупрова). Фото Н.А. Казакова
Figure 2. Vegetation in the area of avalanche origin (Chuprov Bay). Photo by Nikolay A. Kazakov

Почти повсеместно склоны задернованы: исключение составляют участки формирования оползней и абразионные уступы, где горные породы обнажены.

Таким образом, древесная растительность на острове не препятствует развитию оползневых, селевых и лавинных процессов. Редколесье на острове Монерон вообще не играет никакой роли в регулировании лавинных процессов.

Следует отметить, что мнение о безусловной защитной роли леса в предотвращении лавинных и оползневых процессов сильно преувеличено. По наблюдениям автора, на Дальнем Востоке, в Южной Сибири, на Кавказе регулярно происходит сход оползней с формированием поверхности скольжения ниже корневой системы и отрыв лавин в лесу при сомкнутости крон до 100% [Казаков, 2007].

На острове Монерон геоботанические факторы регулируют характер снегопереноса и снегонакопления в зонах зарождения лавин и способствуют увеличению скорости перекристаллизации снежной толщи (так же, как на юго-западном побережье острова Сахалин).

Гидрометеорологические факторы

Гидрометеорологические факторы в значительной степени определяют интенсивность проявления и режим лавинных, селевых и оползневых процессов.

Оценка гидрометеорологических факторов лавинных, селевых и оползневых процессов выполнялась на основе материалов наблюдений на ГМС «Монерон» (таблица 1), расположенной на абсолютной отметке 107,5 м и действующей с 1911 г., а также расположенные на юго-западном побережье острова Сахалин ГМС «Невельск» (абсолютная отметка 165,7 м, с 1987 года – 10 м; действует с 1920 г., расположена в 65 км к северо-востоку от острова Монерон, рисунок 1) и ГМС «Мыс Крильон» (абсолютная отметка 34,5 м, действует с 1892 г., расположена в 75 км к юго-востоку от острова Монерон, рисунок 1) [Атлас Сахалинской области, 1967; Земцова, 1968; Справочник по климату СССР, 1985; Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1990].

Таблица 1. Метеорологические характеристики на ГМС «Монерон»

Table 1. Meteorological characteristics according to the Moneron hydrometeorological station

| Метеорологическая характеристика Meteorological characteristic | Месяц Month | | | | | | | | | | | | Год Year |
|---|----------------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-----------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| Среднемесячная температура воздуха, °С Monthly air temperature, °С | -7,6 | -6,7 | -3,2 | 2,5 | 5,7 | 9,7 | 14,5 | 17,6 | 15,1 | 9,1 | 1,1 | -4,8 | 4,4 |
| Среднемесячное количество осадков, мм Amount of precipitation, mm | 161,0 | 108,0 | 72,0 | 60,0 | 68,0 | 82,0 | 93,0 | 112,0 | 139,0 | 101,0 | 81,0 | 110,0 | 1188,0 |
| Максимальная суточная сумма осадков, мм Maximum daily precipitation, mm | 59,2 | 59,8 | 54,7 | 33,0 | 39,1 | 58,0 | 93,0 | 160,8 | 103,9 | 54,0 | 51,2 | 51,9 | 160,8 (1955) |
| Максимальная сумма осадков за 12 часов, мм Maximum precipitation for 12 hours, mm | 37,2 | 46,5 | 35,0 | 33,0 | 33,8 | 43,0 | 52,6 | 86,8 | 70,0 | 52,8 | 23,0 | 42,0 | 86,2 |
| Средняя месячная и максимальная толщина снежного покрова на метеоплощадке, см Average monthly and maximum snow cover thickness at the weather site, cm | 35 | 41 | 24 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 22 | 116 (1957) |

Остров Монерон относится к юго-западному району Южно-Сахалинской климатической области (как и юго-западное побережье острова Сахалин), где, по сравнению с другими областями, зимой ослабевает влияние северо-западного муссона и усиливается циклоническая деятельность, а во вторую половину лета выпадает большое количество

осадков. По сравнению с другими районами Сахалина, остров Монерон испытывает наиболее сильное влияние ветви тёплого Цусимского течения и поэтому здесь – самая тёплая в Сахалинской области зима и самое тёплое лето.

Температурный режим

Среднегодовая температура воздуха острова Монерон составляет 4,4°C. В конце второй декады ноября происходит переход среднесуточной температуры через 0°C в сторону её отрицательных значений.

Самым холодным месяцем является январь, когда среднемесячная температура воздуха опускается на острове до минус 7,6°C. Абсолютный минимум температуры воздуха (минус 25°C) отмечался в январе 1931 г. На фоне устойчивых отрицательных температур ежегодно наблюдаются оттепели, когда температура днём повышается до 6-8°C.

В конце марта происходит переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C в сторону положительных значений. Несмотря на интенсивный приход солнечной радиации, дальнейшее повышение температуры воздуха идёт очень медленно; наблюдаются частые возвраты холодов.

В первую половину лета над Охотским морем и прилегающими районами преобладает антициклональный тип циркуляции воздушных масс, поэтому начало лета на острове Монерон пасмурное, прохладное и дождливое. Однако интенсивность дождей слабая и количество осадков невелико.

Самым тёплым месяцем является август со среднемесячной температурой воздуха 17,6°C; максимальная может достигать 30°C.

Направление и скорость ветра

Зимой на острове Монерон преобладают ветры северных румбов, со средними скоростями 6-10 м/с. Летом господствуют ветры южных и юго-восточных направлений, а их скорости уменьшаются до 4-5 м/с. Во время прохождения тайфунов и зимних циклонов скорость ветра может достигать 40 и более м/с.

Осадки

Одним из важнейших факторов, определяющих условия развития опасных экзогенных процессов (оползни, сели, лавины) является режим осадков.

В этом отношении остров Монерон характеризуется неблагоприятными условиями,

поскольку в среднем за год выпадает почти 1200 мм осадков при их высокой интенсивности (таблица 1). Больше количество осадков выпадает с августа по февраль, меньшее – весной и в начале лета.

Среднее количество осадков за холодный период (ноябрь-март) составляет 532 мм – 45% их годового количества. Однако в отдельные годы количество твёрдых осадков может значительно превышать среднемноголетние показатели. Больше всего осадков выпадает в январе.

Среднемноголетнее количество осадков за тёплый период года (апрель-октябрь) составляет 656 мм. Самый дождливый месяц – сентябрь (количество осадков – 139 мм). В период прохождения циклонов и тайфунов в августе-сентябре за несколько суток может выпасть больше месячной нормы осадков. Так, в августе 1955 г. суточная сумма осадков на ГМС «Монерон» составила 160,8 мм при среднемноголетней сумме осадков за данный месяц 112 мм (таблица 1).

Снежный покров

Устойчивый снежный покров на острове Монерон образуется в начале декабря; его разрушение происходит в начале апреля. Толщина снежного покрова (таблица 1) сильно варьируется: на открытых участках вдоль береговой полосы как правило составляет 35-40 см, а на подветренных участках может достигать 70-100 см.

Период максимального снегонакопления приходится на конец февраля – начало марта.

Наибольшая толщина снежного покрова, наблюдавшаяся на метеостанции «Монерон» составляет 116 см (таблица 1). Число дней с устойчивым снежным покровом – 140.

Строение снежной толщи на острове никогда и никем не изучалось, однако общие закономерности эволюции снежного покрова [Коломыц, 2013; Казаков, Генсиоровский, Жируев, 2018] позволяют обоснованно утверждать, что *литолого-стратиграфические комплексы снежного покрова* [Kazakov et al., 2012; Казаков, Генсиоровский, Жируев, 2018; Казаков, Жируев, Древило, 2019] на острове Монерон однотипны с аналогичными

комплексами на юго-западном побережье острова Сахалин (районы, однотипные по своим физико-географическим характеристикам). Как установлено, в однотипных ландшафтах, даже расположенных в разных районах, формируется однотипная по своему строению и физическим характеристикам снежная толща [Коломыц, 1976; Kazakov et al., 2012; Коломыц, 2013; Казаков, Генсировский, Жируев, 2018; Казаков, Жируев, Древило, 2019].

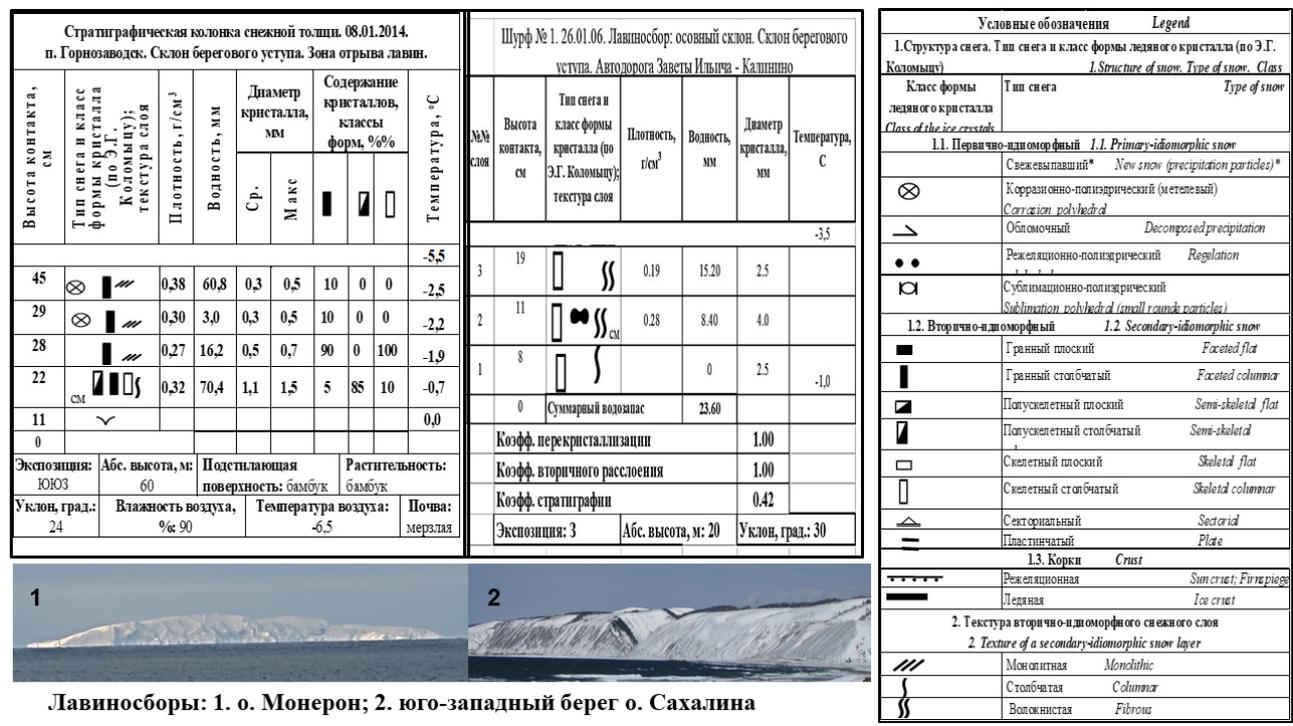
Поскольку снежная толща на острове Монерон проходит седиментацию и диагенез в гидрометеорологических и геофизических условиях, сходных с условиями на юго-западном побережье острова Сахалин, спектры стратиграфических колонок снежной толщи (их структура, текстура, стратификация и физические характеристики) на острове Монерон и на юго-западном побережье острова Сахалин должны иметь сходное строение. Поэтому для оценки строения снежной толщи на острове Монерон можно использовать данные о строении снежной толщи на юго-западном побережье острова

Сахалин (в Невельском районе Сахалинской области, рисунок 3) – в 50 км от восточного побережья острова Монерон.

В результате мы имеем все основания утверждать, что в январе-марте на острове Монерон в снежной толще возникают ослабленные снежные слои, выполненные крупными ледяными кристаллами скелетного класса форм: лавиноопасные слои (рисунок 3).

Наличие таких слоёв в свою очередь приводит к формированию лавин эпигенетического и полигенетического классов, обладающих наибольшими скоростями и разрушительной силой.

В целом, гидрометеорологические условия острова Монерон (большое количество осадков, высокая интенсивность их выпадения, продолжительное залегание снежного покрова), а также строение и характер эволюции снежной толщи (сильная его перекристаллизация в середине зимы) благоприятны для развития лавинных, селевых и оползневых процессов.



Лавиносборы: 1. о. Монерон; 2. юго-западный берег о. Сахалина

Рисунок 3. Стратиграфические колонки снежной толщи в зоне зарождения лавин на склоне берегового уступа. Юго-западный берег острова Сахалин

Figure 3. Pits of snow thickness in the avalanche starting zone on the slope of a coastal ledge. South-West coast of the Sakhalin Island

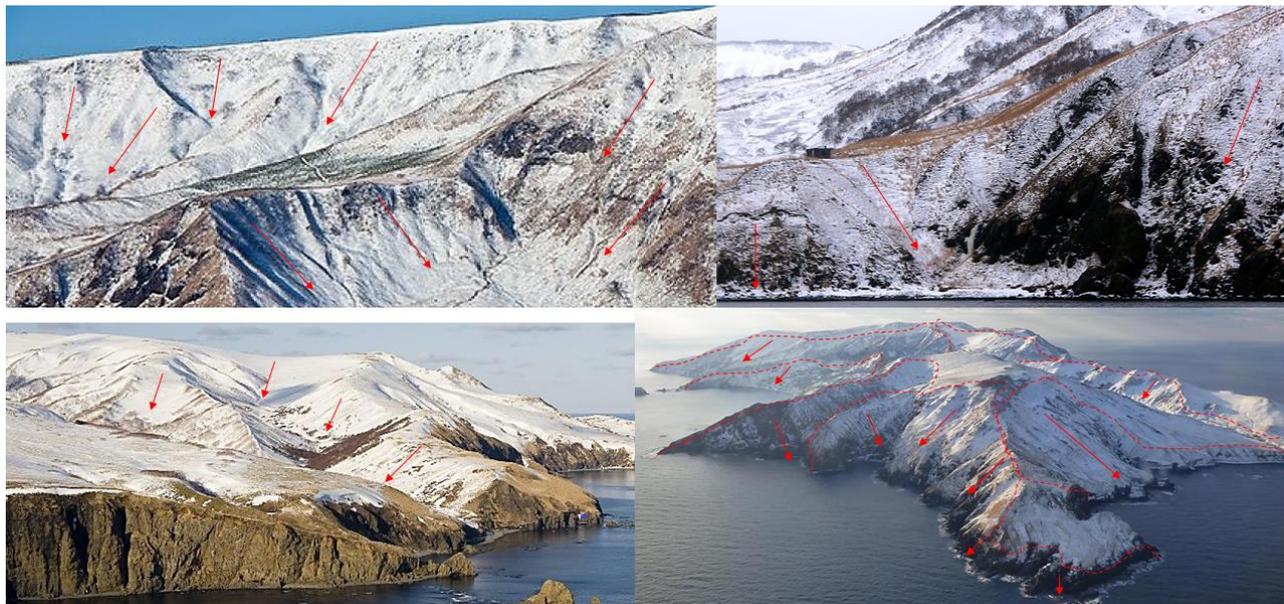


Рисунок 4. Лавиносборы и лавиноопасные склоны на береговых уступах острова Монерон. Границы лавиноопасных участков и направление движения лавин. Фото с сайта sakh.com

Figure 4. Avalanche catchments and avalanche slopes on the beach ledges of Moneron Island. Boundaries of avalanche hazard areas and the direction of avalanche movement. Photos from the site sakh.com

Результаты и их обсуждение

Лавинные процессы

В результате полевых исследований лавинообразующего рельефа и анализа архивных сведений и данных метеорологических наблюдений установлено, что лавиноопасно более 50% территории острова Монерон. На территории острова выделены лавиносборы всех морфологических типов: лотковые лавиносборы и осовные склоны. Лавиноопасна большая часть территории острова (рисунок 4).

Лавины формируются на склонах высотой 70-300 м и крутизной – 35°-50° и на береговых склонах крутизной – 55°-60° (рисунок 5), где происходит обрушение снежных карнизов от бровки склона.

Формируются лавины всех генетических типов [Дзюба, 1983; Казаков, 20156]:

- *эпигенетические и полигенетические лавины*, связанные с перекристаллизацией снежной толщи и формированием внутри неё лавиноопасных слоёв;

- *сингенетические лавины нового снега* (свежевывающего и метелевого), формирующиеся во время снегопадов и метелей или сразу после их окончания;

- *сингенетические лавины мокрого снега* (инсоляционные и адвекционные), формирующиеся во время повышения температуры воздуха до 0°С и выше.

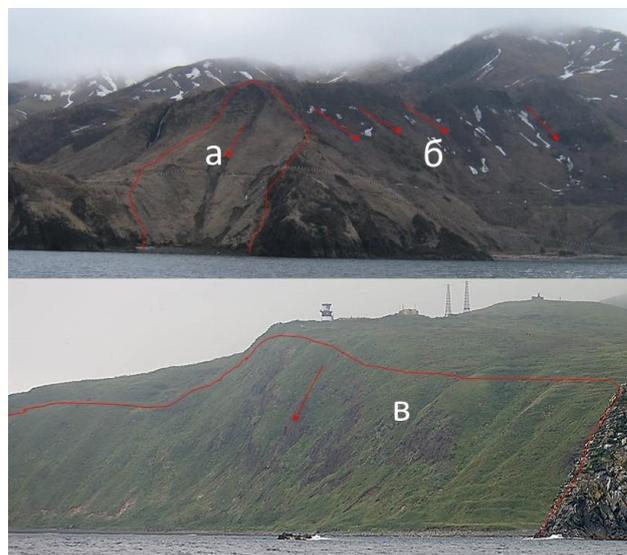


Рисунок 5. Лотковый лавиносбор на склоне берегового уступа (а). Осовные склоны и лотковые лавиносборы (б, в). Фото Н.А. Казакова

Figure 5. Avalanche catchments on the slope of the coastal ledge (a). Avalanche catchments and avalanche slopes (б, в). Photo by Nikolay A. Kazakov

Лавины формируются во время снегопадов и метелей и при оттепелях.

Объёмы лавин – от 25 до 50 000 м³. Максимальные объёмы лавин в многоснежные зимы могут достигать 70 000 м³.

Лавинный режим

Лавины всех генетических типов формируются 1 раз в 3-5 лет. Лавиноопасный период длится с декабря до середины апреля. Период активного формирования лавин (наиболее опасный период) длится с декабря по март.

Преобладают сингенетические лавины свежавыпавшего снега и полигенетические лавины из старого перекристаллизованного и нового снега, формирующиеся во время сильных снегопадов и метелей. За 12 часов снегопада может выпасть более 40,0 мм осадков, за сутки – около 60,0 мм (таблица 1). Во время таких снегопадов происходит массовое формирование лавин.

В январе-марте на острове Монерон в снежной толще возникают ослабленные снежные слои, выполненные крупными ледяными кристаллами скелетного класса форм: лавиноопасные слои (рисунок 3).

Наличие таких слоёв в свою очередь приводит к формированию лавин

эпигенетического и полигенетического классов, обладающих наибольшими скоростями и разрушительной силой.

В лавиносборах юго-восточной экспозиции, при преобладающих ветрах северных, северо-западных румбов образуется снежный покров высотой более 1 м и возникают снежные карнизы.

Селевые процессы

В результате проведённых исследований на острове Монерон выявлено, что селевые бассейны заложены в бассейнах многочисленных водотоков.

В малых водотоках (рисунки 6, 7) формируются грязекаменные сели объёмом от 300 до 3 000 м³ и глубиной до 2,0 м, а также несвязные сели (наносоводные потоки) объёмом до 1000 м³.

В больших водотоках (рисунок 8) формируются грязекаменные сели объёмом более 50 000 м³. Сели из этих бассейнов разгружаются в море.

Селевые бассейны заложены в долинах ручьёв (рисунок 8), в денудационных воронках и в оползневых цирках и мульдах (рисунок 9), где формируются, как правило, склоновые сели. Селевые очаги в основном приурочены к береговым уступам.

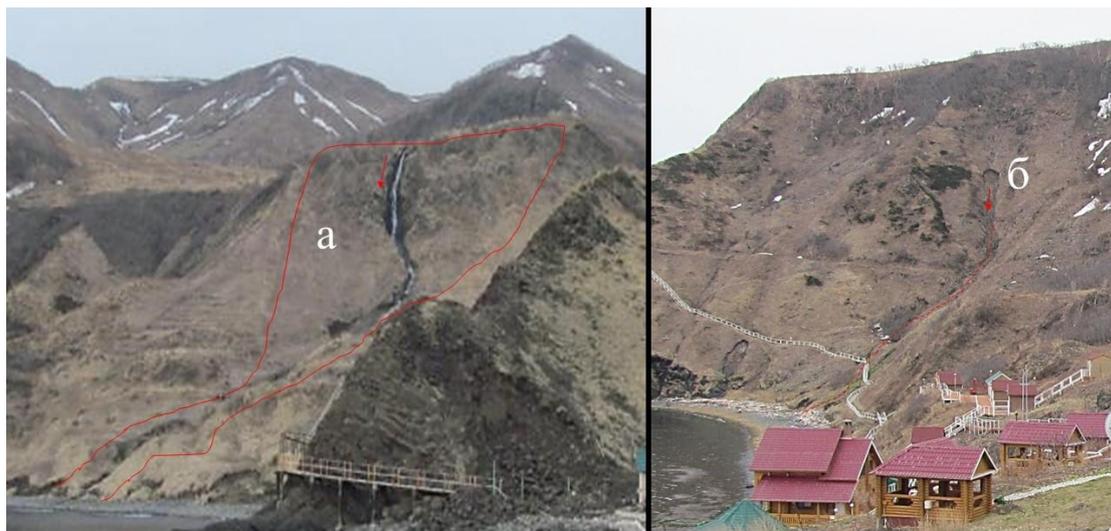


Рисунок 6. Селевой бассейн в русле ручья (а). Склоновый селевой бассейн, заложенный в оползневой воронке (б). Фото Н.А. Казакова

Figure 6. Debris-flow basin in the stream bed (a). Slope debris-flow basin is embedded in a landslide funnel (b). Photo by Nikolay A. Kazakov



Рисунок 7. Отложения грязекаменных селей, сошедших в октябре 2015 г.

Фото Н.А. Казакова, С.П. Жируева

Figure 7. Deposits of Debris-flows that occurred in October 2015. Photo by Nikolay A. Kazakov, Semen P. Zhiruev

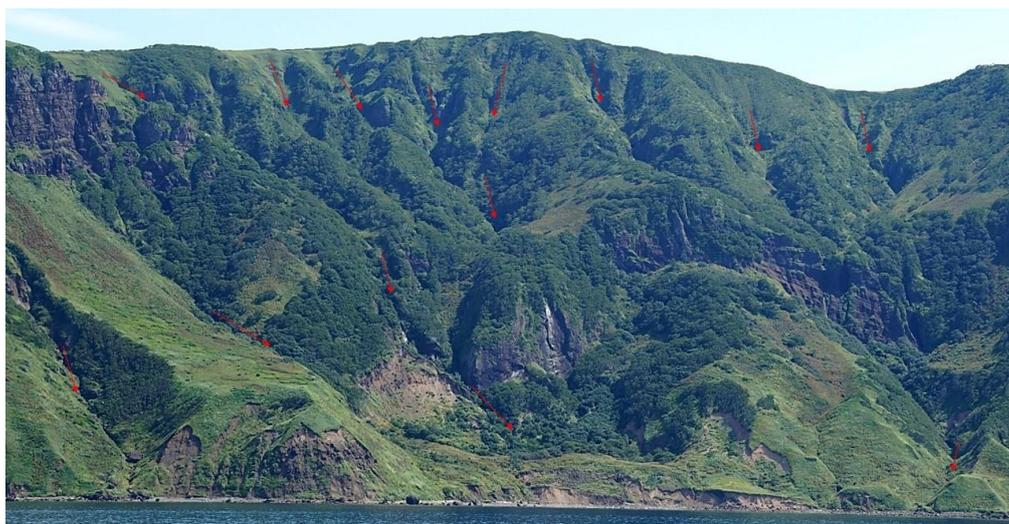


Рисунок 8. Селевые бассейны. Фото С. Первухина

Figure 8. Debris-flow basin. Photo by Sergey Pervuhin

Селевой режим

Селеопасный период длится с апреля по ноябрь включительно. Средняя повторяемость селей объёмом до 3 000 м³, формирующихся в малых водотоках, – 1 раз в 5-7 лет.

Повторяемость селей объёмом более 10 000 м³, формирующихся в больших водотоках, – 1 раз в 10-12 лет.

Активизация селевых процессов происходит, как правило, в июле-октябре при прохождении глубоких циклонов,

сопровождающихся выпадением большого количества осадков (таблицы 1-5).

Формирование грязекаменных селей зарегистрировано в октябре 2015 г. в окрестностях бухты Чупрова (рисунок 7).

Оползневые процессы

Оползневые процессы распространены на всей территории острова Монерон.

По механизму смещения и основным структурно-морфологическим признакам на исследуемой территории нами выделено 3 основных типа оползней:

- поверхностные оползни-оплывины (спльвы) с глубиной захвата пород до 2,5 м объёмом 500 - 5 000 м³;
- блоковые оползни в скальных породах с глубиной захвата пород до 10 м; объём таких оползней может достигать 50 000-500 000 м³ и более;
- вторичные блоковые асеквентные оползни медленного смещения и оползни вязкопластического смещения, развивающиеся на

теле старых с глубиной захвата пород до 10 м; объём таких оползней может составлять 5 000-30 000 м³.

Поверхностные оползни-оплывины (спльвы) формируются преимущественно на обращённых к морскому берегу склонах крутизной 40°-50° в маломощных делювиальных (1,0-2,5 м) рыхлых отложениях – продуктах разрушения коренных пород, залегающих на миоцен-плиоценовых трещиноватых базальтах и аргиллитах (рисунки 9, 10).



Рисунок 9. Оползни-оплывины (спльвы), сошедшие в октябре 2015 г. Фото Н.А. Казакова
Figure 9. Landslides that occurred in October 2015. Photo by Nikolay A. Kazakov



Рисунок 10. Коллювиально-делювиальные отложения, в которых сформировался оползень-оплывина в октябре 2015 г. Поверхность скольжения оползня – аргиллиты. Фото Н.А. Казакова

Figure 10. Colluvial-deluvial deposits where the landslide formed in October 2015. The sliding surface of the landslide is mudstones. Photo by Nikolay A. Kazakov

Как правило такие участки сложены делювиальными отложениями мощностью от 0,6 до 2,2 м, которые представлены дресвяно-щебенистыми отложениями с включением мелких глыб скальных вулканогенных пород с глинистым заполнителем. Рыхлые четвертичные образования перекрывают серые трещиноватые, плохо размокаемые аргиллиты, являющиеся поверхностью скольжения сошедших оползней-оплывин. Толщина делювиальных отложений составляет в среднем 0,5-1,8 м.

Оползни формируются в делювиальных отложениях, представленных дресвой сильно выветрелых аргиллитов с мелкими валунами вулканогенных пород с суглинистым заполнителем и почвенно-растительным слоем, а также щебенистыми отложениями с глинистым заполнителем, сформированными на вулканогенных образованиях.

Поверхностью скольжения оползней является поверхность коренных пород, представленных выветрелыми, сильно трещиноватыми аргиллитами, и вулканогенными

трещиноватыми, скальными породами, интенсивно увлажняемыми при снеготаянии и выпадении атмосферных осадков.

Характерной особенностью оползней-оплывин на морских берегах является их смещение к береговой линии и размыв оползневых отложений морем.

Исключение составляют оползни, формирующиеся в селевых бассейнах: отложения таких оползней часто являются источником твёрдой составляющей селевых потоков. Тела оползней в большинстве случаев не сохраняются вследствие слабых структурных связей смещаемых пород.

Объёмы оползней могут достигать 1 000-3 000 м³.

На острове отмечены также оползневые подвижки, вызванные береговой абразией и обводнением тела оползня.

Блочные оползни в скальных породах формируются на береговых склонах крутизной 40-60°, сложенных коренными породами (рисунок 11).



Рисунок 11. Оползневые цирки блоковых оползней в скальных породах

Figure 11. Landslide cirques of block landslides

Блочные оползни сходят, как правило, во время землетрясений и (или) сильных продолжительных дождей (таблицы 1-3).

Объёмы блоковых оползней могут достигать 500 000 м³ и более.

Блочные оползни сходят в морскую акваторию (рисунок 11). Поскольку глубины у берегов острова превышают 20,0 м, оползни

способны вызывать цунами, которые могут достигать берегов островов Сахалин, Хоккайдо и Приморья.

Вторичные блоковые оползни и оползни вязкопластического смещения формируются на старых оползневых массивах, средний уклон поверхности которых (в сторону моря) составляет 22°-25° (рисунок 12). Такие оползни развиваются

на поверхности старых оползней, осложнённых вторичными оползнями более поздней генерации (рисунки 14, 15).

Такие оползни сложены старыми глинистыми оползневymi отложениями – разложившимися алевролитами и аргиллитами. Глинистые оползневые образования включают в себя щебень и мелкие глыбы скальных вулканогенных пород.

Объёмы оползней могут достигать 50 000 м³.

Оползневой режим

Оползнеопасный период длится с середины марта по ноябрь включительно. Формирование оползней связано с весенним снеготаянием, интенсивными продолжительными осадками и абразионными процессами.

Сильные и продолжительные осадки приводят к обводнению оползневых массивов, сложенных рыхлообломочными коллювиально-делювиальными отложениями и к обводнению контактов между пластами горных пород в скальных массивах: поверхностей скольжения оползней. Кроме того, переувлажнение пород приводит к увеличению скорости разрушения

алевролитов и к набуханию глинистых пород, что также приводит к уменьшению устойчивости оползневых массивов.

Анализ архивных материалов и материалов полевых исследований показал, что самые большие оползни на острове Сахалин формируются при землетрясениях, произошедших после сильных дождей [Казаков, 2015в].

Формирование оползней на острове Монерон возможно и в период залегания снежного покрова во время глубоких оттепелей, сопровождающихся выпадением большого количества жидких осадков.

Как правило во второй половине марта – начале апреля грунты под снежным покровом пребывают в талом состоянии. Интенсивное таяние снега приводит к водоотдаче из снежного пласта и насыщению влагой подстилающих склоновых отложений и формированию оползней.

Образование оползней такого генезиса отмечается на юго-западном побережье острова Сахалин в 60 км от острова Монерон: в таких же гидрометеорологических, нивальных и геологических условиях.



Рисунок 12. Вторичные блоковые оползни (а) и оползень вязкопластического смещения (б) на теле старого блокового оползня (в). Бухта Чупрова. Туристический комплекс построен на теле старого оползня. Фото Н.А. Казакова

Figure 12. Secondary block landslides (а) and landslides of viscoplastic displacement (б) on the body of the old block landslide (в). Chuprov Bay. The tourist complex is built on the body of an old landslide. Photo by Nikolay A. Kazakov

Повторяемость оползней-оплывин составляет в среднем 1 раз в 5-7 лет, блоковых оползней – 1 раз в 10-30 лет.

Активизация оползневых процессов связана с весенним снеготаянием, интенсивными продолжительными осадками, переувлажняющими оползневые образования, и абразионными процессами, нарушающими устойчивость оползневого массива во фронтальной зоне оползня вдоль берега моря, сейсмическими процессами, а на участках, подвергшихся антропогенному воздействию, – с не организованным должным образом стоком поверхностных вод.

Имеющиеся сведения о случаях формирования на острове больших оползней показывают, что все они были связаны с выпадением сильных интенсивных осадков и сильным предшествующим увлажнением горных

пород, вызванным сильными продолжительными осадками. Данных о количестве осадков, выпавших на ГМС «Монерон» за май-октябрь 1955, 1957, 1971 и 2015 годов (в предшествующий оползням период) нет.

Однако на ближайших ГМС «Невельск» и «Мыс Крильон» во всех случаях, выпало очень большое количество осадков (таблицы 2-5).

1. В августе 1955 г. сошёл большой блоковый оползень (точных данных об объёме нет) севернее мыса Сахарная Голова на западном побережье острова Монерон.

Месячная сумма осадков за август 1955 г. на ГМС «Мыс Крильон» составила 196,0 мм (среднегодовое значение – 106 мм) при суточном максимуме 88,7 мм; на ГМС «Невельск» – 220,0 мм при суточном максимуме 87,0 мм; на ГМС «Монерон» – 86,8 мм (10.08.1955) и 76,0 мм (12.08.1955) (таблица 2).

Таблица 2. Месячные и суточные суммы осадков, выпавших в предшествующий оползню период. 1955 г.

Table 2. Monthly and daily precipitation totals for the period preceding the landslide. 1955

| Метеорологическая характеристика Meteorological characteristic | ГМС/расстояние от острова Монерон, км Hydrometeorological station/distance from Moneron, km | Месяц Month | | | | Сумма осадков на дату формирования оползня, мм Amount of precipitation for date of landslide, mm |
|--|--|----------------|-------|-------|--|---|
| | | V | VI | VII | VIII | |
| Количество осадков за месяц, мм Amount of precipitation per month, mm | Монерон | Нет данных | | | | |
| | Невельск/65 | 16,0 | 91,0 | 81,0 | 220,0 | 408,0 |
| | Мыс Крильон/75 | 69,0 | 101,0 | 120,0 | 196,0 | 486,0 |
| Максимальная суточная сумма осадков (дата), мм Maximum daily precipitation (date), mm | Монерон | Нет данных | | | 86,8 (10.08) 76,0 (12.08) | |
| | Невельск/65 | 10,0 | 52,0 | 25,0 | 88,7 (12.08) | |
| | Мыс Крильон/75 | 24,0 | 27,0 | 47,0 | 87,0 (12.08) | |

2. В сентябре 1957 г. большой оползень разрушил посёлок Бодрый на восточном побережье острова Монерон.

Предположительный объём оползня составил 200 000 – 300 000 м³.

Месячная сумма осадков за август 1957 г. на ГМС «Мыс Крильон» составила 132,0 мм, в Невельске – 126,0 мм при суточном максимуме 48,0 мм (таблица 3).

Таблица 3. Месячные и суточные суммы осадков, выпавших в предшествующий оползню период. 1957 г.

Table 3. Monthly and daily precipitation totals for the period preceding the landslide. 1957

| Метеорологическая характеристика Meteorological characteristic | ГМС/расстояние от острова Монерон, км Hydrometeorological station/distance from Moneron, km | Месяц Month | | | | | Сумма осадков на дату формирования оползня, мм Amount of precipitation for date of landslide, mm |
|--|--|----------------|------|------|--------------|--------------|---|
| | | V | VI | VII | VIII | IX | |
| Количество осадков за месяц, мм Amount of precipitation per month, mm | Монерон | Нет данных | | | | | |
| | Невельск/65 | 35,0 | 97,0 | 72,0 | 78,0 | 126,0 | 408,0 |
| | Мыс Крильон/75 | 26,0 | 77,0 | 43,0 | 123,0 | 132,0 | 401,0 |
| Максимальная суточная сумма осадков, мм Maximum daily precipitation, mm | Монерон | Нет данных | | | | | |
| | Невельск/65 | 16,0 | 15,0 | 20,0 | 24,0 | 48,0 | |
| | Мыс Крильон/75 | 18,0 | 25,0 | 29,0 | 43,0 | 14,0 | |

3. 6 сентября 1971 г. во время землетрясения произошло массовое формирование оползней. Максимальный объём оползней достигал 10 000 м³ [Щетников, 1981].

Землетрясение магнитудой 7,5 произошло в 5 час. 35 мин. 27 сек. по местному времени под дном Татарского пролива на глубине 15-20 км в 47 км к северо-востоку от острова Монерон [Щетников, 1981]. Интенсивность землетрясения на острове Монерон составила 7 баллов по шкале MSK.

В сентябре 1971 г. проводилось обследование северо-восточной части острова после данного землетрясения. Н.Н. Леоновым и другими исследователями [Щетников, 1981] было установлено, что большие сейсмогенные оползни образовались преимущественно на крутых и обрывистых берегах.

Наиболее крупные дислокации были приурочены к склонам, сложенным переслаивающимися пачками туфогенных песчаников, алевролитов и аргиллитов. Оползни максимальных объёмов отмечались на склонах, ориентированных в северо-западном направлении [Щетников, 1981].

В мощных покровных четвертичных отложениях на крутых склонах и сильнообводнённых участках формировались оползни в виде ступеней или конусов протяжённостью до 50-100 м, которые спускались с высоты 30-50 м. Высота стенок срыва достигала 50 м [Щетников, 1981].

На юге острова были отмечены лишь небольшие оползни. В глубине острова сколько-нибудь заметных следов остаточных деформаций не обнаружено.

Кроме обвалов и оползней было зарегистрировано множество больших и малых трещин [Щетников, 1981]. Некоторые из них, протягиваясь на расстояние до 70 м, имели ширину до полуметра. Крупная трещина на сравнительно ровном травянистом склоне, примерно в его средней части была обнаружена

вдоль склона небольшого хребта, спускающегося к средней части бухты Чупрова на северо-западной стороне острова.

Однако и в этом случае в предшествующий формированию оползней период на острове Монерон выпало большое количество осадков (таблица 4).

Таблица 4. Месячные и суточные суммы осадков, выпавших в предшествующий оползню период. 1971 г.

Table 4. Monthly and daily precipitation totals for the period preceding the landslide. 1971

| Метеорологическая характеристика Meteorological characteristic | ГМС/расстояние от острова Монерон, км Hydrometeorological station/distance from Moneron, km | Месяц Month | | | | | Сумма осадков на дату формирования оползня, мм Amount of precipitation for date of landslide, mm |
|--|--|----------------|------|------|------------------------|------|---|
| | | V | VI | VII | VIII | IX | |
| Количество осадков за месяц, мм Amount of precipitation per month, mm | Монерон | Нет данных | | | | | |
| | Невельск/65 | 50,0 | 55,0 | 89,0 | 166,0 | 85,0 | 360,0 |
| | Мыс Крильон/75 | 62,0 | 70,0 | 94,0 | 142,0 | 68,0 | 368,0 |
| Максимальная суточная сумма осадков (дата), мм Maximum daily precipitation (date), mm | Монерон | Нет данных | | | 47,4 (12.08) | | |
| | Невельск/65 | 12,0 | 21,0 | 33,0 | 36,0 | 18,0 | |
| | Мыс Крильон/75 | 12,0 | 37,0 | 32,0 | 47,0 | 13,0 | |

4. В октябре 2015 г. в результате сильных затяжных дождей (таблица 5) произошло массовое формирование оползней объёмом 300-1 000 м³.

В районе бухты Чупрова автором было зарегистрировано до 25 оползней-оплывин.

Ущерб от лавин, селей и оползней

По имеющимся сведениям, на острове Монерон происходили катастрофы, вызванные сходом лавин и оползней.

Лавины

17.02.1914 г. в деревне Нагахана (восточное побережье острова, рисунок 13) в лавине погибло 4 человека.

19.02.1917 г. в деревне Нишихама (западное побережье острова) в лавине погиб 1 человек.

Анализ условий образования лавин показывает, что эти лавины образовались на крутых береговых склонах, у подножия которых располагались деревни. Высота склонов – 70-100 м, крутизна – 40°-45°. Тип лавиносбора – осовный склон.

Лавины сходили в феврале – в период максимальной толщины снежного покрова и сильной степени его разрыхления и формирования в снежной толще лавинопасных слоёв вследствие перекристаллизации снежной толщи (рисунок 2).

Таблица 5. Месячные и суточные суммы осадков, выпавших в предшествующий оползням период. 2015 г.

Table 5. Monthly and daily precipitation totals for the period preceding the landslides. 2015

| Метеорологическая характеристика Meteorological characteristic | ГМС/расстояние от острова Монерон, км Hydrometeorological station/distance from Moneron, km | Месяц Month | | | | | | Сумма осадков на дату формирования оползня, мм Amount of precipitation for date of landslide, mm |
|--|--|----------------|------|-------|------|------|--------------|---|
| | | V | VI | VII | VIII | IX | X | |
| Количество осадков за месяц, мм Amount of precipitation per month, mm | Монерон | Нет данных | | | | | | |
| | Невельск/65 | 111,0 | 95,0 | 147,0 | 97,0 | 56,0 | 156,0 | 562,0 |
| | Мыс Крильон/75 | 92,0 | 86,0 | 189,0 | 37,0 | 44,0 | 70,0 | 518,0 |
| Максимальная суточная сумма осадков, мм Maximum daily precipitation, mm | Монерон | Нет данных | | | | | | |
| | Невельск/65 | 19,0 | 16,0 | 53,0 | 30,0 | 11,0 | 46,0 | |
| | Мыс Крильон/75 | 14,0 | 20,0 | 70,0 | 12,0 | 16,0 | 10,0 | |

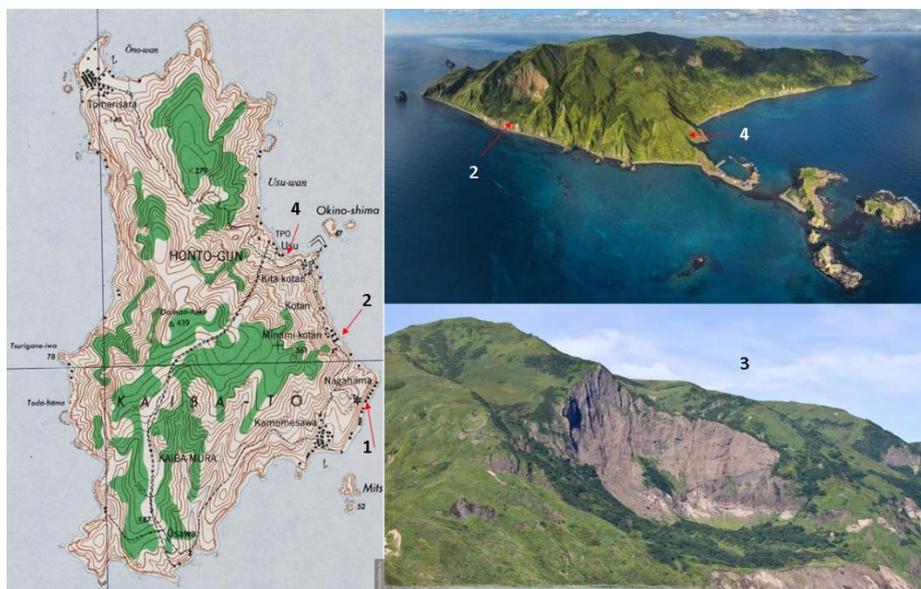


Рисунок 13. Остров Монерон. 1 – д. Нагахاما (17.02.1914 г. в лавине погибло 4человека); 2 – п. Бодрий (в сентябре 1957 г. разрушен оползнем); 3 – древний оползневой цирк, в котором располагался п. Бодрий; 4 – туристическая тропа (разрушена оползнями в октябре 2015 г.)

Figure 13. Moneron Island. 1 – village Nagahama (17.02.1914 an avalanche killed 4 people); 2 – village Bodriy (in September 1957 destroyed by a landslide); 3 – ancient landslide circus, which was located in the village Bodriy; 4 – tourist trail (destroyed by landslides in October 2015)



Рисунок 14. Предполагаемая граница оползня, разрушившего п. Бодрый в 1957 г. Фото с ресурса Google Earth

Figure 14. The supposed border of the landslide that destroyed the village of Bodry in 1957. Photo from Google Earth



Рисунок 15. Туристическая тропа, разрушенная оползнями в октябре 2015 г. Фото Н.А. Казакова

Figure 15. A tourist trail destroyed by landslides in October 2015. Photo by Nikolay A. Kazakov

Оползни

В сентябре 1957 г. оползнем был разрушен посёлок Бодрый (рисунки 13, 14).

В октябре 2015 г. оползнями была разрушена туристическая тропа, проложенная от причала до базы отдыха в бухте Чупрова (рисунок 15). Сама база отдыха была возведена на теле старого оползня (рисунок 12), подвижки которого в 2015 г. привели к повреждениям подпорных стенок.

Сели

Сведений об ущербах, вызванных селевыми процессами, нет.

Выводы

В результате выполненных исследований установлено, что на острове Монерон развиваются лавинные, селевые и оползневые процессы.

1. Лавиноопасно более 50% территории острова Монерон. Формируются лавины всех

генетических типов: преимущественно, во время сильных снегопадов и метелей.

2. В руслах водотоков, в денудационных воронках, в оползневых цирках и мульдах формируются связные грязекаменные сели. Активизация селевых процессов происходит в июле-октябре при прохождении глубоких циклонов, сопровождающихся выпадением большого количества осадков.

3. На острове формируются оползньо-оплывины (сплывы), блоковые оползни в скальных породах. На телах старых оползней развиваются вторичные блоковые асеквентные оползни медленного смещения и оползни вязкопластического смещения.

4. Во время землетрясений или сильных продолжительных дождей на морских берегах острова формируются блоковые оползни в скальных породах объемом 50 000-500 000 м³ и более. Эти оползни сходят в морскую акваторию и способны вызывать цунами, которые могут достигать берегов островов Сахалин, Хоккайдо и Приморья.

Литература

Атлас Сахалинской области / Гл. ред. Г.В. Комсомольский и И.М. Сирьк. М.: ГУГК, 1967. 135 с.

Атлас снежно-ледовых ресурсов мира в 2-х т. Том 2: в 2-х кн. Книга 1. / Гл. ред. В.М. Котляков. М.: ГУГК, 1998. 264 с.

География лавин / Под ред. С.М. Мягкова, Л.А. Канаева. М.: МГУ, 1992. 330 с.

Геология СССР: в 48 т. Т. 33. Остров Сахалин: геологическое описание / Гл. ред. А.В. Сидоренко. М.: Недра, 1970. 432 с.

Гранник В.М. Изверженные породы острова Монерон (Татарский пролив) // Доклады Академии наук, 2014, том 457, № 1, с. 64-68. DOI: [10.7868/S0869565214190220](https://doi.org/10.7868/S0869565214190220)

Дзюба В.В. Географические принципы разработки методик прогноза лавиноопасных периодов для малоисследованных районов: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М.: Изд-во МГУ, 1983. 23 с.

5. Формирование оползней и селей больших объемов и массовое формирование оползней и селей всех типов происходило в периоды выпадения сильных интенсивных осадков после предшествующего увлажнения горных пород, вызванного сильными продолжительными осадками.

6. На острове Монерон в 1914, 1917, 1957 и 2015 годах происходили катастрофы, вызванные сходом лавин и оползней и приводившие к разрушению объектов и сооружений, а также к человеческим жертвам.

Благодарности

Автор выражает благодарность С.П. Жируеву, вместе с автором проводившему полевые исследования лавинных, селевых и оползневых процессов на острове Монерон, и Е.А. Подольскому, любезно предоставившему сведения о случаях гибели людей в лавинах на острове Монерон.

References

Atlas snezhno-ledovykh resursov mira v 2 t. Tom 2: v 2 kn. Kniga 1 [World Atlas of Snow and Ice Resources in 2 volumes. Volume 2: in 2 books. Book 1]. Kotlyakov V.M. (ed.). Moscow, Publ. of General Directorate of Geodesy and Cartography, 1998. 264 p. (In Russian).

Atlas Sakhalinskoi oblasti [Atlas of the Sakhalin Region]. Komsomol'skii G.V., Siryk I.M. (eds.). Moscow, Publ. of General Directorate of Geodesy and Cartography, 1967. 135 p. (In Russian).

Dzyuba V.V. *Geograficheskie printsipy razrabotki metodik prognoza lavinoopasnykh periodov dlya maloissledovannykh raionov. Avtoref. diss. kand. geogr. nauk* [Geographical principles for the development of techniques for forecasting avalanche periods for little explored areas. Ph. D. (Geography) Thesis]. Moscow, Publ. MSU, 1983. 23 p. (In Russian).

Erokhov V.F., Zhidkova L.S., Litvinenko A.U., Siryk I.M., Shilov V.N. *Geologicheskoe stroenie o-va Moneron (Yaponskoe more)* [Geological structure of Moneron Island (Sea of Japan)]. *Geologiya i*

- Ерохов В.Ф., Жидкова Л.С., Литвиненко А.У., Сирык И.М., Шилов В.Н. Геологическое строение о-ва Монерон (Японское море) // Геология и геофизика. 1971. № 1 (133). С. 46–57.
- Земцова А.И. Климат Сахалина. Л.: Гидрометеоздат, 1968. 197 с.
- Кадастр лавин СССР. Том 18. Дальний Восток / Под ред. Л.А. Канаева. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 122 с.
- Кадастр селей СССР. Том 18. Дальний Восток, Сахалин и Курильские острова. Выпуск 4. Л.: Гидрометеоздат, 1986.
- Казakov Н.А. Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин). Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Южно-Сахалинск, 2000. 216 с.
- Казakov Н.А. О формировании лавин в лесу // Материалы гляциологических исследований. 2007. Вып. 102. С. 192-196.
- Казakov Н.А. Эволюция селевой геосистемы как процесс самоорганизации упорядоченных структур // Геориск. 2015а. № 2. С. 28-30.
- Казakov Н.А. Генетическая классификация лавин и селей // Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска» (г. Южно-Сахалинск, 27-30 мая 2015 г.). Владивосток: Дальнаука, 2015б. Том 2. С. 316-321.
- Казakov Н.А. Условия сейсмогенной активизации оползневых процессов на о. Сахалин // Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска» (г. Южно-Сахалинск, 27-30 мая 2015 г.). Владивосток: Дальнаука, 2015в. Том 2. С. 322-326.
- Казakov Н.А., Жируев С.П. Методика построения среднемасштабных карт природных селевых комплексов // Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации и земельный кадастр. 2002. Вып. 5. С. 113-114.
- geofizika [Geology and Geophysics], 1971, no. 1 (133), pp. 46–57. (In Russian).
- Fleishman S.M. Seli. [Debris flow]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1978. 312 p. (In Russian).
- Geografiya lavin [Geography of Avalanches]. Myagkova S.M., Kanaeva L.A. (eds.). Moscow, Publ. of MSU, 1992. 330 p. (In Russian).
- Geologiya SSSR: v 48 t. T. 33. Ostrov Sakhalin: geologicheskoe opisanie [Geology of the USSR: in 48 vol. Vol. 33. Sakhalin Island: geological description] A.V. Sidorenko (ed.). Moscow, Publ. Nedra, 1970. 432 p. (In Russian).
- Grannik V.M. Igneous rocks of Moneron Island (Tatar Strait). Doklady Earth Sciences, 2014, vol. 457, no. 1, pp. 781-785. DOI: [10.1134/S1028334X14070058](https://doi.org/10.1134/S1028334X14070058) (Russ. ed.: Grannik V.M. Izverzhennyye porody ostrova Moneron (Tatarskiy proliv). Doklady Akademii nauk, 2014, vol. 457, no. 1, pp. 64–68).
- Kadastr lavin SSSR. Tom 18. Dal'nii Vostok [Cadastre of avalanches of the USSR. Volume 18. The Far East] Kanaev L.A. (ed.). Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 1988. 122 p. (In Russian).
- Kadastr selei SSSR. Tom 18. Dal'nii Vostok, Sakhalin i Kuril'skie ostrova. Vypusk 4 [Cadastre of mudflows of the USSR. Volume 18. Far East, Sakhalin and the Kuril Islands. Issue 4]. Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 1986. (In Russian).
- Karta litologicheskikh kompleksov i proyavlenii ekzogennykh protsessov o. Sakhalin: masshtab 1:500 000 [Map of lithological complexes and manifestations of exogenous processes about Sakhalin: scale 1: 500 000]. Tyutrin I.I., Sergeev K.F. (eds.). Moscow, Publ. of General Directorate of Geodesy and Cartography, 1984. (In Russian).
- Kazakov N.A. Geologicheskie i landshaftnye kriterii ocenki lavinnoj i selevoj opasnosti pri stroitel'stve linejnyh sooruzhenij (na primere o. Sahalin). 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 sciences) Thesis]. Moscow, 2000. 216 p. (In Russian).

- Казakov Н.А., Жируев 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
- Казakov Н. А., Генсировский Ю.В., Жируев С.П. Литолого-стратиграфические комплексы снежного покрова // Криосфера Земли. 2018. Т. 22. № 1. С. 72-93.
DOI: [10.21782/KZ1560-7496-2018-1\(72-93\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-1(72-93))
- Казakov Н.А., Жируев С.П., Древилlo М.С. Лавинные геосистемы о. Сахалина и Курильских островов // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2019. Т. 1. Вып. 3. С. 328-380.
- Карта литологических комплексов и проявлений экзогенных процессов о. Сахалин: масштаб 1:500 000 / Под ред. И.И. Тютрина, К.Ф. Сергеева. М.: ГУГК, 1984
- Коломыц Э.Г. Структура снега и ландшафтная индикация. М.: Наука, 1976. 206 с.
- Коломыц Э.Г. Теория эволюции в структурном снеговедении. М.: ГЕОС, 2013. 482 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР: 4 серии. Серия 3. Многолетние данные: в 35 выпусках. Выпуск 34. Сахалинская область / Под ред. Г.П. Ивановой. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 351 с.
- Перов В.Ф. Селеведение: учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 272 с.
- Разжигаева Н.Г., Плетнев С.П. Геолого-геоморфологический очерк острова Монерон // Материалы Международного Сахалинского проекта «Растительный и животный мир острова Монерон». Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 12-20.
- Сабиров Р.Н., Сабирова Н.Д., Воронов Г.А., Копанина А.В., Белянина Я.П., Журов С.Д. Природный парк «Остров Монерон» // Вестник Сахалинского музея. 2010. №17. С. 357-380
- Симаненко В.П., Голозубов В.В., Малиновский А.И. Монероно-Самаргинская островодужная система япономорского региона // Литосфера. 2010. № 3. С. 60–69.
- Kazakov N.A. O formirovaniy lavin v lesu [On the formation of avalanches in the forest]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy [Data of glaciological studies]*, 2007, publ. 102, pp. 192-196. (In Russian; abstract in English).
- Kazakov N.A. Evolyutsiya selevoi geosistemy kak protsess samoorganizatsii uporyadochennykh struktur [Evolution of the debris-flow geosystem as process of self-organization of the ordered structures]. *Georisk [Georisk]*, 2015a, no. 2, pp. 28-30, 60. (in Russian; summary in English)
- Kazakov N.A. Geneticheskaya klassifikatsiya lavin i selei [Genetic classification of avalanches and mudflows]. *Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Geodinamicheskie protsessy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorska» (g. Yuzhno-Sakhalinsk, 27-30 maya 2015 g.) [Proceedings of the International scientific conference “Geodynamical Processes and Natural Hazards. Lessons of Neftegorsk” (Yuzhno-Sakhalinsk, May 26-30, 2015)]*. Vladivostok: Publ. Dal'nauka, 2015b. Vol. 2. Pp. 316-321. (In Russian).
- Kazakov N.A. Usloviya seismogennoi aktivizatsii opolznevykh protsessov na o. Sakhalin [Conditions for seismogenic activation of landslide processes on Sakhalin Island] *Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Geodinamicheskie protsessy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorska» (g. Yuzhno-Sakhalinsk, 27-30 maya 2015) [Proceedings of the International scientific conference “Geodynamical Processes and Natural Hazards. Lessons of Neftegorsk” (Yuzhno-Sakhalinsk, May 26-30, 2015)]*. Vladivostok, Publ. Dal'nauka, 2015c. Vol. 2. Pp. 322-326. (In Russian).
- Kazakov N.A., Gensirovskiy J.V., Zhiruev S.P., Drevilo M.S. The stratigraphic complexes of a snowpack. *Annals of Glaciology*, 2012, vol. 58, iss. 61, pp. 39-44. DOI: [10.3189/2012AoG61A025](https://doi.org/10.3189/2012AoG61A025)
- Kazakov N.A., Gensirovskiy J.V., Zhiruev S.P. Litologo-stratigraficheskie komplekсы snezhnogo pokrova [Snow lithostratigraphic complexes]. *Kriosfera Zemli [Earth's Cryosphere]*, 2018, vol. 22, no. 1, pp. 72-93 (In Russian; abstract in English). DOI: [10.21782/KZ1560-7496-2018-1\(72-93\)](https://doi.org/10.21782/KZ1560-7496-2018-1(72-93))
- Kazakov N.A., Zhiruev S.P. Metodika postroeniya srednemashtabnykh kart prirodnnykh selevykh

Справочник по климату СССР. Особо опасные гидрометеорологические явления. Вып. 34 / под ред. Д.Ф. Лазаревой. Южно-Сахалинск: СахУГКС, 1985. 288 с.

Флейшман С.М. Сели. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 312 с.

Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. М.: Недра, 1980. 296 с.

Щетников Н.А. Цунами. М.: Наука, 1981. 90 с.

Kazakov N.A, Gensiorovskiy J.V., Zhiruev S.P., Drevilo M.S. The stratigraphic complexes of a snowpack // Annals of Glaciology. 2012. Vol. 53. Iss. 61. P. 39-44. DOI: [10.3189/2012AOG61A025](https://doi.org/10.3189/2012AOG61A025).

Podolskiy E.A., Izumi K., Suchkov V.E., Eckert N. Physical and societal statistics for a century of snow-avalanche hazards on Sakhalin and the Kuril Islands (1910–2010) // Journal of Glaciology. 2014. Vol. 60. No. 221. Pp. 409-430.

DOI: [10.3189/2014JG13J143](https://doi.org/10.3189/2014JG13J143).

*kompleksov. [Methods for constructing medium-scale maps of natural mudflow complexes]. *Prikladnaya geoekologiya, chrezvychainye situatsii i zemel'nyi kadastr [Applied Geoecology, Emergencies and Land Cadastre]*, 2002, iss. 5, 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 prirodnyimi 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, Zhiruev S.P., Drevilo M.S. Lavinnye geosistemy o. Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov [Avalanche geosystems of Sakhalin Island and Kuril Islands] // *Gidrosfera. Opasnye protsessy i yavleniya [Hydrosphere. Hazard processes and phenomena]*, 2019, vol. 1, iss. 3, pp. 328-380 (In Russian; abstract in English). DOI: [10.34753/HS.2019.1.3.006](https://doi.org/10.34753/HS.2019.1.3.006)*

*Kolomyts E.G. *Struktura snega i landshaftnaya indikatsiya [Snow structure and landscape indication]*. Moscow, Publ. Nauka, 1976. 206 p. (In Russian).*

*Kolomyts E.G. *Teoriya evolyutsii v strukturnom snegovedenii [The theory of evolution in structural snow studies]*. Moscow, Publ. GEOS, 2013. 482 p. (In Russian).*

Nauchno-prikladnoi spravochnik po klimatu SSSR: 4 serii. Seriya 3. Mnogoletnie dannye: v 35 vypuskakh. Vypusk 34. Sakhalinskaya oblast' [Scientific-applied reference on the climate of the USSR: 4 series. Series 3. Multi-year data: in 35 issues. Issue 34. Sakhalin Region]. Ivanova G.P. (ed.). Leningrad, Publ. Gidrometizdat, 1990. 351 p. (In Russian).

*Perov V.F. *Selevedenie: uchebnoe posobie*. Moscow, Moscow University Press, 2012. 272 p. (In Russian).*

*Podolskiy E.A., Izumi K., Suchkov V.E., Eckert N. Physical and societal statistics for a century of snow-avalanche hazards on Sakhalin and the Kuril Islands (1910–2010). *Journal of Glaciology*, 2014, vol. 60,*

no. 221, pp. 409-430.

DOI: [10.3189/2014JoG13J143](https://doi.org/10.3189/2014JoG13J143).

Razzhigaeva N.G., Pletnev S.P. Geologo-geomorfologicheskii ocherk ostrova Moneron [Geological and geomorphological outline of Moneron Island]. In: *Materialy Mezhdunarodnogo Sakhalinskogo proekta «Rastitel'nyi i zivotnyi mir ostrova Moneron» [Materials of the International Sakhalin Project "Flora and fauna of Moneron Island"]*. Vladivostok: Publ. Dal'nauka, 2006, pp. 12-20. (In Russian).

Sabirov R.N., Sabirova N.D., Voronov G.A., Kopanina A.V., Belyanina Ya.P., Zhurov S.D. Prirodnyi park «Ostrov Moneron» [Natural Park "Moneron Island"]. *Vestnik Sakhalinskogo muzeya [Bulletin of the Sakhalin Museum]*, 2011, no. 17, pp. 357-380. (In Russian).

Shchetnikov N.A. *Tsunami [Tsunami]*. Moscow, Publ. Nauka, 1981. 90 p. (In Russian).

Sheko A.I. *Zakonomernosti formirovaniya i prognoz selei [Laws of formation and forecast of mudflows]*. Moscow, Publ. Nedra, 1980. 296 p. (In Russian).

Simanenko V.P., Golozoubov V.V., Malinovskiy A.I. Monerono-Samarginskaya ostrovoduzhnaya sistema yaponomorskogo regiona [The Moneron-Samarga island arc system of the Japan Sea region]. *Litosfera [Lithosphere (Russia)]*, 2010, no. 3, pp. 60-69. (In Russian; abstract in English).

Spravochnik po klimatu SSSR. Osobo opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya. Vypusk 34 [Reference book on the climate of the USSR. Especially dangerous hydrometeorological phenomena. Issue 34]. Lazareva D.F. (ed.). Yuzhno-Sakhalinsk, Publ. SakhUGKS, 1985. 288 p. (In Russian).

Zemtsova A.I. *Klimat Sakhalina [Climate of Sakhalin]*. Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 1968. 197 p. (In Russian).