

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 7th International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



Edited by
S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC
Moscow
2024

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2024

泥石流： 灾害、风险、预测、防治

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

S.S. Chernomorets, K. Hu, K. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). – Ed. by S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC. 622 p.

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024. 622 с.

泥石流：灾害、风险、预测、防治。 會議記錄 第七届国际会议. 中国成都。 編輯者 S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – 莫斯科: Geomarketing LLC. 622 p.

ISBN 978-5-6050369-6-8

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), К. Ху (Институт горных опасностей и окружающей среды Китайской академии наук), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (Lomonosov Moscow State University), K. Hu (Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS), K.S. Viskhadzhieva (Lomonosov Moscow State University).

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).

Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



Селевые процессы на арктических островах

Ф.А. Романенко

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,
Россия, faromanenko@mail.ru*

Аннотация. В докладе рассматриваются характеристики селевых процессов на архипелагах Новая Земля, Земля Франца-Иосифа, Шпицберген и о. Исландия, собранные автором в экспедициях и обнаруженные в опубликованных материалах. Немногочисленность известных сведений связана с малонаселенностью и труднодоступностью островов. Приведены качественные данные как о классических селевых процессах, формирующихся в результате падения несущей способности снега и интенсивных дождей, так и о грязевых потоках (оползнях-сплывах), возникающих при таянии подземных льдов и после дождей. Селевые процессы – мощный геологический агент в прошлом, что необходимо учитывать при стратиграфическом расчленении четвертичных отложений. Выявлены убывание интенсивности селей в восточном полушарии с запада на восток (от Исландии к Новосибирским островам), что связано с уменьшением количества жидких и твердых осадков и увеличением общей суровости климата. Предполагается, что современные климатические изменения будут способствовать усилению селевых процессов на арктических островах, что необходимо учитывать при расширяющемся освоении этих высокоширотных регионов.

Ключевые слова: селевые процессы, Арктика, оползни-сплывы

Ссылка для цитирования: Романенко Ф.А. Селевые процессы на арктических островах. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 401–407.

Debris flow processes on Arctic islands

F.A. Romanenko

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, faromanenko@mail.ru

Abstract. The report examines the characteristics of debris flow processes on the archipelagos of Novaya Zemlya, Franz Josef Land, Spitsbergen and the Iceland, collected by the author on expeditions and found in published materials. The paucity of published data is due to the sparse population and inaccessibility of the islands. Qualitative data are presented both on classical debris flow processes formed as a result of a drop in the bearing capacity of snow and intense rains, and on mud flows (landslides) that occur when underground ice melts and after rains. Debris flow processes were a powerful geological agent in the past, which must be taken into account when stratigraphically subdividing Quaternary deposits. A decrease in the intensity of debris flows in the eastern hemisphere from west to east (from Iceland to the New Siberian Islands) was revealed, which is associated with a decrease in the amount of liquid and solid precipitation and an increase in the overall severity of the climate. It is assumed that modern climate changes will contribute to the intensification of debris flow processes on the Arctic islands, which must be taken into account during the expanding development of these high-latitude regions.

Key words: debris flows, Arctic, landslides

Cite this article: Romanenko F.A. Debris flow processes on Arctic islands. In: Chernomoretz S.S., Hu K., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 401–407.



Введение

Традиционно считается, что динамика рельефа арктических островов существенно менее интенсивна, чем в более южных широтах. И, главным образом, потому, что их поверхность освобождается от снега, а берега – от припайного льда, всего на один-три месяца, и не каждый год, а мощность деятельного слоя не превышает 0,2–0,5 м. Действительно, перечисленное ограничивает развитие термоэрозии, термокарста, термоабразии, термоденудации, суффозии, эоловых процессов и т.д. Но для некоторых процессов данные ограничения не столь важны, потому что в их развитии главную роль играют иные факторы, и в том числе как раз снежный покров и наличие подземных залежей льдов. Среди таких процессов своей интенсивностью отличаются селевые.

Распространению и морфологии подобных форм на далеких затерянных в ледяных морях островах и посвящен предлагаемый доклад, основанный на многолетних (1985–2023) полевых работах автора на арктических островах (от Шпицбергена до Врангеля), опубликованных и фондовых материалах.

На островах встречаются два главных вида селевых процессов. Один, так сказать, сели в традиционном понимании, водо-грязе-снежно-каменные потоки, или, по определению В.Ф. Перова [2012, с. 5] – «стремительные русловые потоки, состоящие из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающие в бассейнах небольших горных рек».

Но подобными высокими скоростями («стремительностью»), кроме селевых, отличаются и своеобразные грязе-каменные потоки или просто грязевые потоки, давно и широко известные в литературе под именем «оползней-сплывов» или «посткриогенных сплывов» [Жигарев, 1975] или «криогенных оползней скольжения» (КОС) или «течения» (КОТ) [Лейбман, 2005; Лейбман, Кизяков, 2007]. В.Ф. Перов [2012] относил их к селевым потокам высокой плотности – оползням течения (оползни-потоки, сплывы, оплывины). То есть, по сути, это очень близкие процессы. Они сходны с селевыми потоками не только высокими скоростями, но и насыщенностью грубообломочным материалом (по Перову, от 10 до 75%), которая, правда, определяется составом субстрата, наличием «выбросов селевой смеси на крутых поворотах русла», нерегулярностью схода, пульсационным характером. Главным отличием первого типа селей от второго нам видится источник воды и механизм. Классические сели питаются дождевой водой или тающим снегом, который теряет свои несущие свойства, а источник воды для оползней-сплывов – тающие внутригрунтовые льды, реже – дожди, но сходят они обычно по кровле мерзлоты. По М.О. Лейбман [2005], КОС – «следствие потери устойчивости переувлажненных пород сезонно-талого слоя (СТС) и их вязкое или вязкопластическое смещение по поверхности льда или ледогрунта». То есть потеря устойчивости или несущих свойств разных субстратов – главное условие обоих типов селей.

На многих арктических островах низкогорья и среднегорья занимают значительные площади (Шпицберген, Баффинова Земля, Элсмир, Гренландия, Ян-Майен, Новая Земля, Врангеля и др.), в то время как для других (Земля Франца-Иосифа, Северная Земля) характерны обширные крутые (до 40° и даже более) склоны платообразных возвышенностей и плато, разбитых трещинами и расселинами, окруженные низменными равнинами (Новосибирские острова). Рельеф способствует накоплению больших снеготалых запасов. Теплые циклоны, которые все чаще проникают в самые высокие широты даже зимой [Романенко и др., 2015], способствуют внезапному насыщению снежных масс водой, в результате чего они теряют несущую способность и устремляются вниз в виде многочисленных водоснежных потоков (ВСП) или водокаменных селей. Из-за отсутствия растительного покрова и крутых склонов ВСП приобретают значительную скорость и мощность. В результате на склонах появляются целые сети селевых лотков или ложбин, расстояние между которыми часто не превышает 50–70 м.

В.Ф. Перов (2012) выделяет в России внутри холодной селеопасной зоны арктический селеопасный регион, куда включает две селеопасные области: Таймырскую



и Полярно-островную (Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля, о. Врангеля). Период селеопасности в обеих областях ограничивается тремя летними месяцами (июнь-август). Но в Полярно-островной области «селевой процесс в целом развит слабо» [ibid, с. 193]. Там выделяются снеговые сели, селевые паводки, грязекаменные микросели, в частности, возникающие при прорыве временных наледниковых озер и снежных перемычек в узких приледниковых долинах. Даже в этом коротком перечне объединены селевые потоки обоих типов.

Рассмотрим региональные особенности селей на арктических островах.

Новая Земля

Данные по селям этого архипелага практически отсутствуют из-за его нынешней ненаселенности и труднодоступности. Есть упоминание [Перов, 2012] о наблюдениях первого (1957–1958) начальника Новоземельской экспедиции Института географии АН СССР в период МГГ в Русскую Гавань Н.М. Сваткова за грязекаменным микроселем на склоне моренной гряды ледника Шокальского на Северном острове Новой Земли 29 июля 1958 г. Судя по нашим наблюдениям на этом же леднике в 2012 г., здесь мы имеем дело не с классическим селом, а с оползнем-спływом, возникшим при протаивании массива «мертвого льда». Действительно, короткие (менее 100 м) оползни-спльвы или «криогенные оползни течения» (КОТ) по М.О. Лейбман, часто встречаются на молодой (последние 50 лет) боковой морене, образовавшейся после заметного (на несколько километров) отступления ледника Шокальского.

Можно уверенно утверждать, что и классические сели тоже есть на гористой и ледниковой Новой Земле, но их описания в настоящее время отсутствуют.

Земля Франца-Иосифа

В первой подробной характеристике современных геоморфологических процессов архипелага [Суходровский, 1967] упоминания о селевых процессах отсутствуют, хотя автор выделяет на карте комплекс склоновых гравитационно-криогенных процессов. Во время зимовки экспедиции Института географии АН СССР в бухте Тихой в 1957–1959 гг. по программе Международного геофизического года (МГГ), которой как раз и руководил В.Л. Суходровский, некоторые виды селей, в том числе водоснежные потоки (ВСП), еще не были детально изучены.

А именно они здесь преобладают. По наблюдениям наших экспедиций 2012–2013 гг. на 42 островах архипелага, следы ВСП встречаются достаточно часто, хотя распределены в архипелаге весьма неравномерно. Так, густая сеть селевых ложбин пересекает склон плато высотой до 300 м на южном берегу о. Нортбрук в районе знаменитого мыса Флора. Склон образован вертикальными базальтовыми уступами и россыпями базальтовых глыб в верхней части, мезозойскими песчаниками, алевролитами и аргиллитами с прослоями бурых углей – в средней и нижней. Опирается склон на голоценовые морские цокольные (на мезозойских осадочных породах) террасы высотой до 15 м, перекрытые чехлом морских галечников. Селевые ложбины максимальной глубиной до 1,5 м начинаются непосредственно ниже базальтовых уступов, разветвляются, сливаются, образуют обширные конусы внизу склона. Некоторые из них обвалованы (высота валов не более 1 м). Днище ложбин выстлано базальтовыми глыбами, которые составляют и основу валов. Селевой шлейф в тыловой части морских террас прерывается нерасчлененными участками склонов. Превышения между тыловой частью террасы и началом лотков не более 150 м.

Аналогичные селевые ложбины на соседних о-вах Белл и Мейбел прорезают мелкоглыбовый склоновый чехол с небольшим количеством более тонкого материала. Часто зона торможения ВСП – конус или язык, нацело сложенный остроугольными обломками базальта – глыбами и щебнем. В то же время на склонах, целиком сложенных глыбами со щебнем, ВСП не образуются (например, на о. Джексона над местом зимовки Нансена-Иохансена в 1895–1896 гг.).



Весной 1959 г. В.Л. Суходровский [1967, с. 50–52] обследовал следы двух «влажных лавин» в окрестностях полярной станции Бухта Тихая на о. Гукера, которые вынесли на морской лед значительное количество глыб, щебня, мелкозема (снесенных со склона плато) и окатанных глыб, захваченных на морских террасах. Они сошли по эрозионным (так в оригинале), скорее лавинно-камнепадным желобам. Можно предположить, что это были не просто лавины, а именно ВСП, судя по отсутствию сортировки материала и его крупности, а также по такой характеристике, как «влажные» лавины. Площадь, перекрытая снесенными со склона отложениями, достигла 10 тыс. м². (30 м³) у одного потока и 24 тыс. м² – у другого (55 м³). Пока эти измерения В.Л. Суходровского – единственная на ЗФИ оценка количества вынесенного селевыми потоками обломочного материала.

На о. Винер-Нейштадт к юго-востоку от мыса Тироль селевые ложбины пересекают более пологий (до 15°) склон, сложенный рыхлыми мезозойскими породами и перекрытый молодой мореной, образовавшейся при отступании ледника, покрывающего практически весь остров. Судя по хаотическому расположению ложбин и субпараллельных им валов высотой до 2–3 м, ВСП здесь – главный рельефообразующий процесс. Состав поверхностных отложений – песчано-валунно-щебнистый диамиктон. Причем ВСП у мыса Тироль – не катастрофический процесс в традиционном понимании, он не меняет свойств геоморфологической системы, здесь это норма жизни.

Совершенно сходная ситуация на соседнем о. Чамп (мыс Триест), известном своими сферолитами. Здешние ВСП связаны не только с весенним таянием снега, но и с процессами деградации ледника, который окружает сравнительно небольшой участок (длиной не более 1,5 км и шириной 300–400 м) пологого (до 10°) склона, перекрытого песчано-валунными образованиями – делювием и коллювием мезозойских отложений.

Сход водоснежного потока был отмечен на о. Брайса в 1956 г. [Перов, 2012]. Вероятно, для данного острова ВСП – процесс редкий, потому что наше обследование северной части острова следов свежих селей не выявило. И рельеф острова не самый благоприятный для формирования ВСП – крутые (до 40°) склоны с фрагментами субвертикальных базальтовых уступов, перекрытые глыбовым чехлом.

Лавинно-камнепадные желоба, к которым приурочены и селевые процессы, встречаются на склонах платообразных возвышенностей высотой до 430 м в центральной части о. Алджер [Романенко и др., 2015]. По облику и строению они сходны с таковыми на мысе Флора.

Анализируя факторы селеобразования на Земле Франца-Иосифа, можно заключить, что селеопасными являются склоны крутизной 10–40°, перекрытые мелкоглыбово-щебнистым, песчано-щебнисто-глыбовым делювием/коллювием/мореной и имеющие в верхней части денудационные ниши (как правило, выработанные по трещинам в базальтах), где накапливается снег. Можно отметить, что важную роль играют экспозиция – на поверхностях южной экспозиции селевые процессы происходят чаще, и близость к краям тающих ледников, где сели играют ведущую роль в современном преобразовании рельефа.

Шпицберген

Но, если на ЗФИ под склонами нет и никогда не было долговременных постоянных поселений (исключение – зимовки британских полярников Б. Ли-Смита в 1881–1882 и Ф. Джексона в 1894–97 гг. на мысе Флора), то на архипелаге Шпицберген селевые потоки доставляют много хлопот администрации столицы Шпицбергена – поселка Лонгйирбюен. Ими рассечены оба борта долины Лонгйирэльвы на Земле Норденшельда, прорезающей еще более высокие (до 500 м) плоские горные вершины Ninavarden и Gruvefjellet. Многочисленны следы селевых потоков также на южном склоне горы Пирамиды над одноименным поселком в Биллефьорде на Земле Диксона. Северный берег Биллефьорда – арена многочисленных ВСП, пересекающих склоны плато максимальной высотой 500–600 м и крутизной 20–40°, сложенных рыхлым щебнистым



коллювием осадочных пород верхнего палеозоя. Языки и валы смещенного материала достигают 2 м мощности (например, по берегам Skansbukta).

Климат Шпицбергена более благоприятен для развития селей, ибо архипелаг находится ближе к Северной Атлантике и его берега омываются теплым Шпицбергенским течением – ветвью Северо-Атлантического течения – продолжения Гольфстрима. Здесь и припайный лед устанавливается позже и вскрывается раньше, и южные циклоны, приносящие оттепели, приходят чаще. Из-за наличия вечной мерзлоты интенсивность селеформирующих осадков всего 2,5 мм/ (31 мм/сут, по В.Ф. Перову [2012]), сильные дожди не уникально редкое явление, как на остальных арктических архипелагах, а вполне обычное. В.Ф. Перов [2012] отмечает в архипелаге как снеговые, так и дождевые сели с объемом выносов до 6,4 тыс. м³ и средней повторяемостью раз в 8–10 лет.

Водоснежный поток 11 июня 1953 г. в пос. Лонгйирбюен привел к гибели трех человек, дождевые сели фиксировались также в июле-августе 1972, 1981 и 1989 гг. [Перов, 2012]. Многочисленные селевые потоки после катастрофических дождей 10–11 июля 1972 г. затопили улицы Лонгйирбюена, которые смогли расчистить только через трое суток [Thiedig, Kresling, 1973]. Причем значительную часть селевых выносов составил материал отвалов угольных шахт, в том числе уже законсервированных, и по мере удаления от поселка число и мощность селей убывали.

Сели сходили по обоим бортам долины, и большая их часть не использовала ранее образовавшиеся эрозионные формы. Они были детально изучены по свежим следам С. Ларссоном (1982), который насчитал 80 форм и рассчитал объем сноса каждой. Он колебался от 1 до 1800 куб. м. Общий объем сноса составил 7054 куб. м, т.е. примерно 1 мм/год (за один дождь!). Причем сели развивались на склонах всех экспозиций, кроме интервала 337–61°, то есть склоны северной экспозиции селям не подверглись.

Проблема охраны инфраструктуры Лонгйирбюена стоит перед администрацией поселка в течение десятилетий. В связи с организацией в 1993 г. Университетского центра Свальбарда (UNIS) и ежегодного роста международного туризма поселок значительно разрастается, в том числе вверх по селеопасной долине Лонгйирдален, включая ее правый приток селеопасную долину Vannledningsdalen. Поэтому мэрия разрабатывает серию защитных проектов, предусматривающих строительство нескольких крупных противолавинных и, одновременно, противоселевых и противооползневых сооружений над жилыми и общественными зданиями [Как защитить..., 2018]. Действительно, как показывают современные исследования [de Haas et al., 2015], усиление летних осадков и смена направления зимних ветров могут усилить и селевую, и лавинную активность. Кроме того, возможно увеличение частоты оползней-сплывов в связи с увеличением таяния мерзлоты и понижением кровли деятельного слоя. Но подобный процесс больше характерен не для гор Шпицбергена, где преобладают скальные породы, а для прибрежных низменностей. Там существенно больше подземных залежей льдов, как современных полигонально-жилых, так и массивов «мертвого льда» после отступления ледников.

Исландия

Еще более благоприятные условия для образования селевых потоков существуют на **острове Исландия**. Здесь и дождей бывает много, и снег выпадает часто, особенно в горах, и теплые атлантические воздушные массы вызывают оттепели даже в холодный период. Дополнительный фактор селеобразования – извержения вулканов, вызывающие лахары и йекульхлейпы (йекульхлаупы). Они характерны для вулканов Катла, Грисветн, Эйяфьядлайекюдль и др. Поэтому В.Ф. Перов (2012) выделяет здесь сели трех типов: вулканогенные (1755, 1934, 1996, 2010 и др.), ледниковые и снеговые. Рельефообразующая роль селей в Исландии огромна. Они формируют глубокие (до 30 м) обвалованные долины, селевые отложения перекрывают обширные участки низменных равнин протяженностью десятки километров (например, на южном берегу острова южнее ледников Ватнайокудль и Мирдасйокудль. В море выносятся большое



количества обломочного материала, шлейф которого шириной десятки километров окаймляет берег.

Снеговые сели более характерны для крутых платообразных гор Западных фьордов. Многочисленные каровые ниши рассекают бровку плато, и там формируются большие снегозапасы. В зависимости от конкретных погодных условий возникают то снежные лавины (например, крупные лавины в Судафике в январе 1983 и, особенно, в январе 1995, вызвавшие человеческие жертвы и перенос части поселка) и водоснежные потоки. В том же январе 1983 г. водоснежные потоки, вызванные сильными дождями, повредили 20 домов в поселках Патрексфьордур и Талкнафьордур, погубив четырех человек [Tomasson, Hestnes, 2000]. Интенсивность осадков, по данным метеостанции Kviðindisdalur, достигла 123 мм/сут. То есть практически в одно и тоже время в Исландии возможны и ВСП, и лавины. Для этого острова они представляют серьезную и постоянную опасность.

Другие острова

Данные о селях на островах восточнее Новой Земли и западнее Гренландии единичны, что связано исключительно с их малонаселенностью и труднодоступностью. На Северной Земле возможны ледниковые сели и ВСП, на Новосибирских островах, в связи с высокой льдистостью четвертичных отложений «ледового комплекса» – грязевые оползни-сплывы. На о. Врангеля ВСП в горах и оползни-сплывы на равнинах также весьма вероятны, хотя их описаний нам найти пока не удалось.

В Гренландии описаны водоснежные потоки на северо-западе и северо-востоке острова [Перов, 2012]. На Баффиновой Земле экспедиция Арктического института Северной Америки наблюдала летом 1950 г. в северной части острова ВСП в начале таяния снега на ледниково куполе Барнса [Baird et al., 1952]. Снег синел, насыщаясь водой, и начинал смещаться волнами в долинах с уклонами всего в 1°. При этом поверхность потока возвышалась над окружающей снежной равниной. Вода начинала затем стекать в русло, и через два часа поток превращался в обычную реку с ледяными берегами, которая дренировала окружающий, насыщенный водой снег. Следы подобного процесса можно видеть и на современных космических снимках, например, у юго-западного края ледника.

Но описаний селевых процессов на островах Канадского арктического архипелага также очень немного.

Подводя итоги, можно заключить, что:

- на арктических островах селевые потоки разных видов встречаются довольно часто, как в горных районах (снеговые, вулканогенные, ледниковые сели), так и на равнинах (грязевые оползни-сплывы или криогенные оползни течения);
- селевые процессы – мощный геологический агент в прошлом (например, [Syvitski, Normandeau, 2023]) и это становится необходимым учитывать при стратиграфическом расчленении четвертичных отложений: может быть, часть горизонтов, традиционно интерпретируемых как ледниковые, на самом деле – селевые?
- главными факторами распространения классических типов селей можно считать климатический (сильные дожди, высокие снегозапасы, резкие оттепели), грязевых потоков (оползней-сплывов) – геологический (наличие подземных залежей льда);
- в целом интенсивность селей убывает в восточном полушарии с запада на восток (от Исландии к Новосибирским островам), что связано с климатическими условиями: уменьшением количества жидких и твердых осадков и увеличением общей суровости климата;
- поэтому распространение селей на арктических островах имеет некоторую зональность, определяемую физико-географической обстановкой;



- современные климатические изменения будут способствовать усилению селевых процессов на арктических островах, что необходимо учитывать при расширяющемся освоении этих высокоширотных регионов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы госзадания кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова «Эволюция природной среды в кайнозой, динамика рельефа, геоморфологические опасности и риски природопользования» (№ 121040100323-5).

Список литературы

- Жигарев Л.А. Термоденудационные процессы и деформационное поведение протаивающих грунтов. М.: Наука, 1975. 107 с.
- Как защитить Лонгйир от лавин// Русский вестник Шпицбергена. 2018. № 6. С.13.
- Лейбман М.О. Криогенные склоновые процессы и их геоэкологические последствия в условиях распространения пластовых льдов. Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Тюмень: Ин-т криосферы Земли, 2005. 52 с.
- Лейбман М.О., Кизяков А.И. Криогенные оползни Ямала и Югорского полуострова. М.: Типография Россельхозакадемии, 2007. 206 с.
- Перов В.Ф. Селеведение. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 272 с.
- Романенко Ф.А., Шиловцева О.А., Шабанова Н.Н., Кононова Н.К. Изменения климата в Арктике, катастрофические природные процессы и динамика рельефа на Земле Франца-Иосифа//Меняющийся климат и социально-экономический потенциал Российской Арктики. М.: Лига-Вент, 2015. С.58–73.
- Суходровский В.Л. Рельефообразование в перигляциальных условиях (на примере Земли Франца-Иосифа). М.: Наука, 1967. 120 с.
- Baird P. D., Ward W. H., Orvig S. The glaciological studies of the Baffin Island Expedition, 1950// Journal of Glaciology, 2. 1952. Pp.2–23.
- de Haas T., Kleinhans M.G., Carbonneau P.E., Rubensdotter L., Hauber E. Surface morphology of fans in the high-Arctic periglacial environment of Svalbard: Controls and processes// Earth-Science Reviews. Vol.146. 2015. Pp. 163–182
- Larsson S. Geomorphological effects on the slopes of Longyear Valley, Spitsbergen, after a heavy rainstorm in July 1972 // Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography. Vol. 64. № 3/4. 1982. Pp. 105–125.
- Syvitski J., Normandeau A. Sediment redistribution processes in Baffin Islands fjords//Marine Geology. Vol. 458. 2023.
- Thiedig F., Kresling A. Meteorologische und geologische Bedingungen bei der Entstehung von Muren im Juli 1972 auf Spitzbergen // Polarforschung. 40 (1/2). 1973. Pp.40–49.
- Tomasson G.G., Hestnes E. Slushflow Hazard and Mitigation in Vesturbyggd, Northwest Iceland// Nordic Hydrology. 31 (4/5). 2000. Pp.399–410