# Селевые процессы на Северо-Востоке России

**Ю.В. Генсиоровский, Л.Е. Музыченко, В.А. Лобкина, А.А. Музыченко, М.В. Михалев, Ю.А. Степнова**

*Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия, gensiorovskiy@mail.ru*

**Аннотация.** В работе приводятся данные о районах селеформирования в горах центральной и восточной Чукотки, в горных районах юго-восточной Якутии, полученные в ходе полевых работ. Представлены натурные сведения о характеристиках селевых потоков.

***Ключевые слова:*** *сели, многолетнемерзлые породы, селевой расход, подземный сток, селевые отложения, атмосферные осадки, Чукотка, Якутия*

**Ссылка для цитирования:** Генсиоровский Ю.В., Музыченко Л.Е., Лобкина В.А., Музыченко А.А., Михалев М.В., Степнова Ю.А. Селевые процессы на Северо-Востоке России. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, с. 430–437.

# Debris flow in the North-East of Russia

**Yu.V. Gensiorovskiy, L.E. Muzychenko, V.A. Lobkina, A.A. Muzychenko, M.V. Mikhalev, Y.A. Stepnova**

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

**Abstract.** The paper presents the debris flows data on ain the mountains of Central and Eastern Chukotka, in the mountainous regions of South-Eastern Yakutia, obtained during field work. Full-scale information about the characteristics of debris flows is presented.

***Key words:*** *debris flow, permafrost soils, subsurface runoff, alluvial deposits, debris flows deposits, precipitation, Chukotka, Yakutia*

**Cite this article:** Gensiorovskiy Yu.V., Muzychenko L.E., Lobkina V.A., Muzychenko A.A., Mikhalev M.V., Stepnova Y.A. Debris flow in the North-East of Russia. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: “Promotion” LLC, 2020, p. 430–437.

О селевых процессах на Северо-Востоке России, в специальной литературе имеется небольшой объем информации [*Флейшман, 1978, Лапердин, 2010, Перов, 2012*]. Зачастую, это ссылки на информационные сообщения, о катастрофах, причиной которых, стал сход селевых потоков [*Перов, 2012, Романенко, 2018*]. Это обусловлено, в первую очередь, труднодоступностью и малой освоенностью территорий Якутии, Чукотки. Существующие специализированные карты, имеют большую генерализацию и не могут с достаточной степенью, характеризовать селевую опасность столь обширной территории [*Атлас снежно-ледовых ресурсов мира, https://национальныйатлас.рф.*]

Полевые описания селевых потоков и их характеристик, крайне редки, как в архивных материалах, так и в специальной литературе [*Поморцев и др., 2013*]. Зачастую в научной литературе, в статьях, посвященных развитию экзогенных геологических процессов на рассматриваемой территории, селевые потоки даже не упоминаются [*Спектор и др., 2015*].

В выполненной нами работе, представлены данные о селевых процессах, в районах, где в 2019 гг., лаборатория лавинных и селевых процессов СФ ДВГИ ДВО РАН проводила полевые исследования. На Чукотке это районы хребта Искатень (Чукотское нагорье) и Анюйского нагорья. В Якутии, бассейнах рек Вост. Хандыга, Дыбы в пределах хр. Сетте-Дабан и хр. Сунтар-Хаята. Участки исследований выделены цветом на карте-схеме территории (рис. 1).

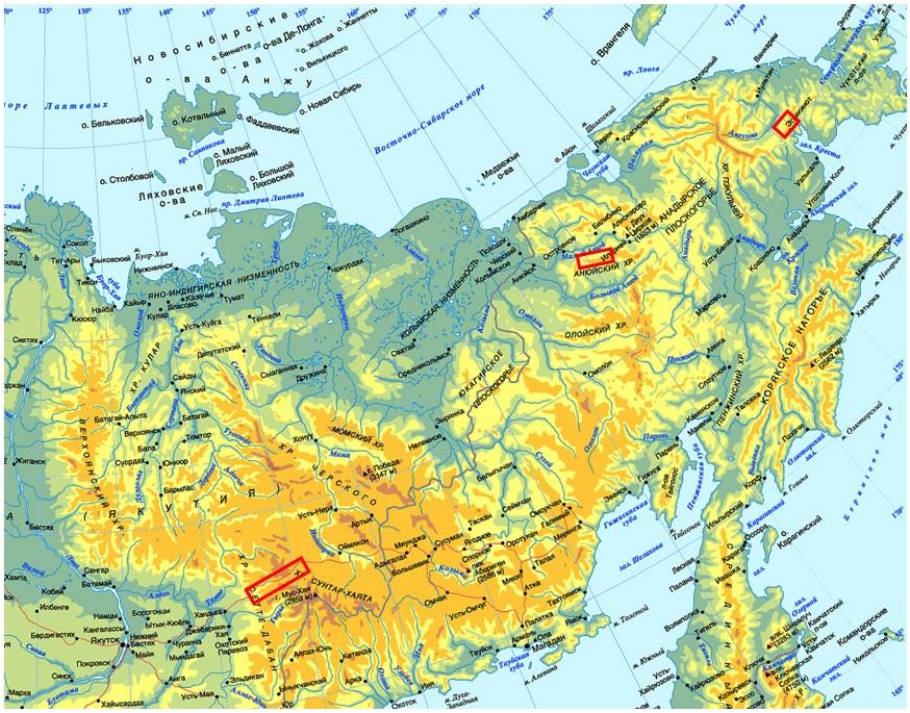


Рис. 1. Карта-схема территории. Участки исследований обозначены красным контуром

Fig. 1. Map of the territory. Red contours show the study sites

## Хребет Искатень (Чукотское нагорье)

На рассматриваемом участке хребет Искатень имеет абсолютные отметки, превышающие 1300 м абс. Характер рельефа - альпинотипный. Вершины острые, а гребень хребта скалистый и узкий. Склоны имеют глубокое расчленение и большую крутизну. На отдельных участках склонов в пригребневой части крутизна склонов превышает 60°.

Наиболее яркой чертой горного рельефа исследуемого участка является распространение процессов криогенной денудации - морозного выветривания и смещение чехла рыхлых отложений вниз по склонам в виде курумов, солифлюкционных потоков и др. А также наличие моренных отложений. На склонах развит водно-эрозионный рельеф с узкими поперечными профилями речных долин, большим количеством денудационных воронок, широко распространены склоны с углом естественного откоса 30-35° Рельеф осложнён многочисленными ледниковыми карами, озёрами, трогами и цирками[*География лавин, 1992*]. Повсеместное развитие имеют многолетнемерзлые породы (ММП).

Наличие ММП, создающей водоупорные горизонты на склонах и увеличивающей скорость стока со склонов, приводит к формированию потенциальных селевых массивов (ПСМ), мощность которых ограничена кровлей пород, подстилающих сезонно-талый слой. В этих условиях в селевой процесс, в основном вовлекаются рыхлые отложения до глубины 1,5-3,0 м.

Данные, полученные при полевых исследованиях, позволяют говорить о том, что в бассейне рр. Эрвыкыннотвеем, Дорожная, Матачъынай их притоков, а также по всем

водотокам, самостоятельно впадающим в залив Креста в районе п. Эгвекинот, формируются селевые потоки. Кроме этого, надо отметить, что по бортам долин, вышеназванных рек, широко развиты склоновые селевые потоки, которые выносят материал в основное русло водотоков. Отмечено формирование, как связные (грязекаменные), так и несвязанные (наносоводные) селей, а также водоснежных потоков. Твердая составляющая грязекаменных селей состоит из супесчано-глинистого материала с примесью гальки и гравия, с включением валунов.

По результатам полевых работ установлено, что максимальные расходы селей, могут превышать 500 – 600 м$^3$/с, ширина селеопасной зоны в V-образных долинах водотоков колеблется в пределах 30 – 60 м. Обнаруженные метки высшего селевого горизонта (ВСГ) на борту притока р. Дорожная, составили - 5,5 м.При выходе селей к морскому побережью и в широкие речные долины, потоки распластываются по конусам выноса, и их ширина увеличивается 150 – 250 м. (рис.2Б, В), при этом существенно снижается высота селевой волны до 1,5 – 2,0 м.

В селеопасной зоне находится территория п. Эгвекинот, а также автодорога Эгвекинот - Иультин. Последний случай массового формирования селей в районе п. Эгвекинот отмечен в начале октября 2016 года. Селевыми потоками повреждены хозяйственные постройки и мостовые переходы в самом поселке. За пределами поселка, селями нарушено полотно автодороги, повреждены и замыты мостовые переходы (рис. 2А,Г).

Рис. 2. Отложения селевых потоков в районе п. Эгвекинот. А – конус выноса грязекаменного селя в бассейне р. Дорожная; Б – селевые отложения в долине р. Дорожная; В – расчищенное от селевых отложений русло ручья на автодороге Эгвекинот - Иультин; Г – автодорожный мост на ручье Изыскательский (пос. Эгвекинот), расчищенный от отложений селя сошедшего в октябре 2016 г. Фото Ю.В. Генсиоровского

Fig. 2. Debris flow situation near Egvekinot Settlement: a – debris flow fan in the Dorozhnaya River basin; б - debris flow deposits in the Dorozhnaya River valley; в - streambed cleared of debris flow deposits on the “Egvekinot-Iultin” road; г - road bridge on the Izyskatelsky Stream (Egvekinot Settlement) cleared of the deposits of debris flow occurred on 16 October 2016. Photo by Yu.V. Gensiorovskiy

## Анюйское нагорье

Анюйское нагорье является частью Анюйско-Чукотской складчатой системы, входящей в состав Тихоокеанского геосинклинального пояса [*География лавин, 1992*].

По морфологическим признакам рельеф района относится к среднегорному, различной степени расчленения, определяемой литолого-структурными особенностями горных пород.В формировании среднегорного рельефа большую роль играют водно-эрозионные процессы. Горы расчленены глубокими эрозионными долинами рек.

Вертикальная расчлененность рельефа от 300 до 800 м. Горизонтальная расчлененность от 1,2 до 0,8 км. Углы наклона изменяются от 12 до 40º. Поверхности водоразделов в большей своей части преобразованы длительными процессами криогенной денудации, что отчетливо прослеживаетсяв сглаженности острых гребней и выступов на склонах, смягчении очертаний денудационных воронок [*География лавин, 1992*]. Выполаживаниеучастков склонов до 25-20°. Повсеместное развитие имеют ММП. Склоны покрыты крупноглыбовыми осыпями и курумником.

Так же, как и в хр. Искатень, многолетнемерзлые породы, создают водоупорные горизонты на склонах, по которым при снеготаянии и дождях, происходит интенсивный сток внутри ПСМ и обводнение грунтов, приводя их в состояние неустойчивого равновесия. Мощность ПСМ ограничена кровлей пород, подстилающих сезонно-талый слой. Это в целом влияет на объемы селевых потоков, значительно уменьшая мощность захвата грунтов при движении селя.

Исследования проводились в горной части бассейна р. Коральвеем. Следы прохождения селей отмечены на притоках р. Коральвеем разных порядков.По результатам работ можно говорить о том, что максимальные расходы селей, колеблются в пределах: 500 – 1000 м$^3$/с. Ширина селеопасной зоны, в узких V-образных долинах составляет 10 – 50 м.При выходе селей в корытообразные долины более крупных водотоков, потоки распластываются по конусам выноса, и ширина селеопасной зоны достигает 100 – 200 м., при это существенно снижается высота селевой волны до 0,5 – 1,5 м.Максимальные объемы селевых потоков могут превышать 300 000 м$^3$.Формируются как связные (грязекаменные), так и несвязанные (наносоводные) сели, а также водоснежные потоки. Твердая составляющая грязекаменных селей состоит из супесчано-глинистого материала с примесью гальки и гравия, с включением валунов (рис.3).

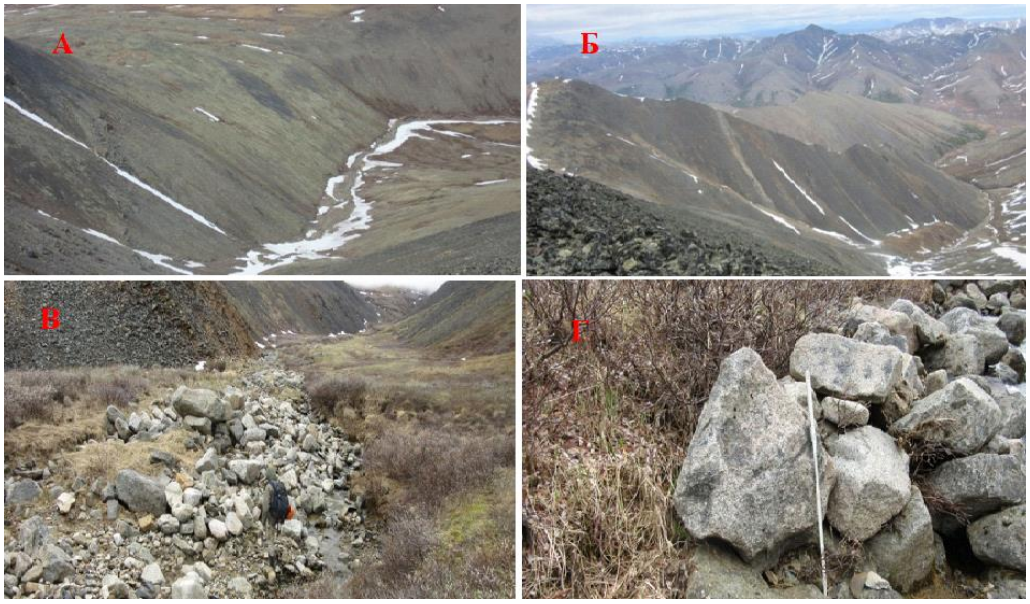


Рис. 3. Селевые отложения в долинах водотоков бассейне р. Коральвеем. А – типичные очаги селеформирования; Б – зона зарождения и отложения потока селевого потока, сошедшего в мае 2019; В – днище долины селевого водотока, заполненное разновозрастными селевыми отложениями; Г – валуны диаметром до 1,2 м в конусе выноса селевого потока. Фото Ю.В. Генсиоровского

Fig. 3. Koralveem River basin: а – typical debris flow origination sites; б – initiation zone and deposits of debris flow occurred in May 2019; в - bottom of the debris flow watercourse valley, filled with multi-temporal debris flow deposits; г - boulders with a diameter of up to 1.2 m in the debris flow fan. Photo by Yu.V. Gensiorovskiy

## Бассейны рек Восточная Хандыга и Дыбы в пределах хребтов Сетте-Дабан и Сунтар-Хаята

Рассматриваемая территория охватывает южную часть Верхоянского хребта, представляющего собой горно-складчатое обрамление Сибирской платформы, пересекая Скалистый хребет и отроги хр. Сетте-Дабан и хр. Сунтар-Хаята.

В рельефе наблюдается ярко выраженное альпинотипное высокогорье с абсолютными отметками вершин до 1800–2300 м и превышением водоразделов над днищами речных долин до 800–1300 м. В профилях долин выделяются крутые, часто обрывистые склоны гравитационного срыва крутизной более 40°; склоны делювиально-осыпного сноса средней крутизны (около 30°); пологие склоны делювиального сноса и делювиально-солифлюкционного накопления. Днища крупных речных долин и межгорных впадин несут следы ледниковой деятельности в виде ледниковой обработки, моренных образований и водно-ледниковых террас[*География лавин, 1992*].Наблюдается сплошное распространение ММП, мощность которых колеблется от 100 до 500 м и более. Многолетняя мерзлота обусловливает широкое развитие солифлюкционных процессов на склонах долин, а также образование сезонных и многолетних наледей [*Спектор и др.,2015*].Геологическое строение исследуемого района характеризуется наличием большого количества четвертичного гляцио-флювиальногои моренного материала, интенсивными процессами морозного выветривания пород, образованием осыпей, курумов. Так же, как и в горных районах Чукотки, многолетнемерзлые породы, создают водоупорные горизонты на склонах, по которым при снеготаянии и дождях, происходит интенсивный сток внутри ПСМ и обводнение грунтов, приводя их в состояние неустойчивого равновесия. Как и по всей территории распространения ММП, мощность ПСМ ограничена кровлей пород, подстилающих сезонно-талый слой. В этих условиях в селевой процесс, в основном вовлекаются пролювиально-делювиальные отложения до глубины 1,5-4,0 м. Это оказывает влияние на объемы селевых потоков, уменьшая мощность захвата грунтов при движении селя.

Однако, в рассматриваемом районе, в руслах крупных рек и их притоков, накоплен значительный объем аллювиально-делювиальных отложений, под руслами таких водотоков, зачастую имеются талики, соответственно в селевой процесс вовлекается гораздо больший объем материала, и это влияет на объемы и характеристики селей. В большей части речных долин исследуемого района, прослеживаются селевые валы и селевые русла разного возраста. Средняя высота селевых валов варьирует от 1,0 до 5,0 метров. Селевые отложения представлены глыбами и валунами с включением гравия и гальки, с супесчаным заполнителем. В селевых конусах присутствует большое количество древесных стволов (рис. 4А, Г).

Максимальные расходы селей для небольших водотоковсоставляют 400-900 м$^3$/с, единовременным выносом материала 100 000-150 000 м$^3$.

На исследуемой территории на водотоках отмечаются резкие подъёмы уровней воды при снеготаянии и выпадении интенсивных дождей. Это ведет к увеличению скорости течения водотоков до 5 – 10 м/с. Такие скорости потока ведут к интенсивному выносу древесной растительности в русла водотоков, формирования в них плотин из карчей и валунов, с последующим их прорывом (рис. 5). При прорыве подобных плотин на участках, расположенных ниже по течению, формируются селевые потоки, насыщенные карчами и способные интенсивно эродировать русло и берега реки, увеличивая максимальную высоту селевой волны [*Лехатинов, 1969; Генсиоровский и др., 2015, 2018*].

В целом по результатам исследований можно говорить о том, что в крупных селевых бассейнах и по руслам рр. Вост. Хандыга, Дыбы, Томпорук возможно формирование селей с объемами, превышающими 1 млн м$^3$.

В пределах горной территории хр. Сетте-Дабан и хр. Сунтар-Хаята, по селеопасной зоне проходит трасса «Колыма» (Якутск – Магадан).

Рис. 4. Селевые отложения в бассейне р. Вост. Хандыга.А – отложения грязекаменного селя на ручье в бассейне р. Вост.Хандыга; Б – конус выноса селевого потока в долине р. Куранах (бассейн р.Вост.Хандыга); В –валуны в конусе выноса селевого потока (бассейн р.Вост.Хандыга); Г – конус выноса селевого потока в русло р. Куранах (бассейн р.Вост.Хандыга). Отчетливо читаются три селевые пачки. Суммарная мощность селевых отложений – 8 м. Фото Ю.В. Генсиоровского

Fig. 4. Vostochnaya Khandyga River basin: a - deposits of the debris flow on the one of the streams; б - debris flow fan in the Kuranakh River valley; в- boulderson the debris flow; г - fanof the debris flow descending from tributary to the Kuranakh River channel, three layers of the debris flow deposits are identified, the total thickness of debris flow deposits is 8 m. Photo by Yu.V. Gensiorovskiy

Рис. 5. Карчеходы на реках в хр. Сетте-Дабан. А,Б – залом, сформированный карчами в основном русле р. Вост. Хандыга. Мощность залома до 4,5 м., ширина по правой пойме до 100 м. В,Г – селевые отложения, насыщенные карчами в русле и пройме ручья, пересекающего трассу «Колыма» на 512+149 км. Фото Ю.В. Генсиоровского

Fig. 5. Timber drifting on the rivers of the Sette-Daban Range: а, б –log obstruction formed by timber drifting in the main channel of the Vostochnaya Khandyga River. Log obstruction thickness is up to 4.5 m, width of the right-bank floodplain is up to 100 m; в, г - debris flow deposits, saturated with timber drifting in the channel and on the floodplain of the stream, crossing the “Kolyma” highway at 512 + 149 km. Photo by Yu.V. Gensiorovskiy

## Заключение

На рассмотренной в данной работе территории, отмечено широкое распространение селевых потоков. Это обусловлено следующими факторами.

Геологическое строение рассматриваемых районов (с точки зрения условий, благоприятных для развития селевых процессов) характеризуется большим количеством четвертичного гляцио-флювиального и моренного материала, интенсивными процессами морозного выветривания пород, образованием осыпей, курумами. Все эти породы формируют мощные ПСМ.

Атмосферные осадки, выпадающие на территории. Несмотря на то, что все рассматриваемые районы, характеризуются малым количеством выпадающих осадков (от 209 мм в Анюйском нагорье до 540 мм в районе пос. Эгвекинот), надо отметить, что это данные станций наблюдательной сети Росгидромета, подавляющее большинство станций которого находятся в днищах речных долин в абсолютных отметках 5-500 м. С учетом того, что средняя высота водосборных площадей горных водотоков, превышает 1000 мабс., эти данные нуждаются в серьезной корректировке. В зависимости от экспозиции склона и его ориентации к влагонесущим потокам, а также от абсолютной высоты местности, количество выпадающих осадков сильно варьирует. Наивысшие наветренные участки могут получать более 1000 мм осадков в год. Подветренные склоны получают осадков меньше в 1,5- 2,5 раза [*Дмитриев, 2013*]. Так как снежный покров играет существенную роль в формировании селей и водоснежных потоков, то надо учитывать его перераспределение метелями по территории. В частности, формированию мощных снежных надувов на подветренных склонах. Тем самым, способствуя возникновению участков с избыточным увлажнением и как следствие, появлению зон зарождения склоновых селей и поверхностных оползней-оплывин.

Характерной особенностью для всей рассмотренной территории является наличие, многолетнемерзлых пород. ММП играют заметную роль в селеформировании. С одной стороны, они создают водоупорные горизонты на склонах, по которым при снеготаянии и дождях, происходит интенсивный сток внутри ПСМ и обводнение грунтов, приводя их в состояние неустойчивого равновесия. И при дальнейшем обводнении приводят к формированию селевых потоков. А с другой стороны, ограничивают вовлечение грунтов ПСМ в селевой процесс, в основном, сезонно-талым слоем. Глубина которого колеблется от многих факторов и в целом составляет 1,5-4,5 м.

Вышеприведенные факторы, на наш взгляд, являются ведущими в формировании селей на рассматриваемой территории. По результатам исследований можно говорить о том, что в рассмотренных районах сели формируются гораздо чаще, чем это было принято считать.

## Список литературы

Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М.: ГУГК, 1998.

География лавин. (Под ред. Мягкова С.М., Канаева Л.А.). М.: МГУ, 1992, 332 с.

Романенко Ф.А. Селевые потоки на островах и побережьях арктических морей /Труды 5-й Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». Тбилиси, Грузия, 2018, с. 521-528.

Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А., Жируев С.П., Павлов В.С. Влияние гидрометеорологических факторов на массовое селеобразование в горных районах Восточной Сибири // Сборник трудов III Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», Южно-Сахалинск: ИМГИГ ДВО РАН, 2014, с. 237-240.

Генсиоровский Ю.В., Казаков Н.А., Пряхина Г.В. Влияние подруслового стока при формировании дождевых паводков и селей на водотоках таежной зоны// Труды 5-й Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», Тбилиси, Грузия, 2018, с. 313-316.

Дмитриев Е.П. и др. Особенности геоморфологического строения верхнего течения Восточная Хандыга // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К.Аммосова. Т. 10, № 3, 2013, с.23-29.

Лапердин В.К., Качура Р.А. Геодинамика опасных процессов в зонах природно-техногенных комплексов Восточной Сибири. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2010, 311 с.

Лехатинов А.М. Роль заломов в формировании селей // Инженерно-геологическое изучение селей. Сер. гидрогеол. и инж. геол. М., ЦБНТИ, №4. 1969, с. 95-104.

Поморцев О.А., Гукаев А.Ю., Поморцев В.А., Петрова М.В. Изменение климата и инженерно-геологические проблемы на трассе «Колыма» в южном Верхоянье// Разведка и охрана недр. №12, 2013, с. 70-75.

Перов В.Ф. Селеведение. М., МГУ, 2012. 271 с.

Спектор В.Б., Шестаков А.А., Торговкин Я.И., Спектор В.В. Обобщение данных о криолитозоне на инженерно-геологической карте Республики Саха (Якутия) м 1:1 500 000// Научный вестник. 2015, №2(4), с. 59-73.

Флейшман С.М. Сели. 2-е изд. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 312 с.

https://национальныйатлас.рф.