

Крупный оползень со склона яра Половинка через р. Камчатка (Центральная Камчатская депрессия)

Александр Георгиевич ЗУБОВ¹
младший научный сотрудник
zubov@kscnet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1580-1025>

Алексей Николаевич НАУМОВ²
инженер
Naumov240395.2@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4084-8028>

Сергей Сергеевич БУРНАТНЫЙ³
младший научный сотрудник
Burns@neisri.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4238-4263>

Павел Сергеевич МИНЮК⁴
кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией
minyuk@neisri.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8186-3825>

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия

²⁻⁴Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО
РАН, Магадан, Россия

Аннотация. Изучение процессов быстрых изменений ландшафта является всегда актуальным, поскольку они часто приносят ущерб местам обитания людей и, что важнее, представляют непосредственную опасность для жизни и здоровья людей. Целью данной работы стало исследование причин и последствий произошедшего в 2016 г. крупного оползня со склона яра Половинка, расположенного на правом берегу излучины р. Камчатка (Центральная Камчатская депрессия) в 20 км ниже по течению п. Кирганик Мильковского района Камчатского края. В результате комплексного анализа, включавшего полевые исследования, установлено, что оползень был обусловлен особенностями литолого-геоморфологического строения самого обрыва, подготовлен его подмывом в половодье и спровоцирован землетрясением. Установлено, что возможная дата случившегося события приходится на период 10 апреля – 4 мая. Наиболее вероятная дата 14 апреля. Вычислен объем (28 тыс. м³) и масса сошедшего осадочного материала (56 тыс. т), а также освобожденная при схождении оползня энергия ($2 \cdot 10^{10}$ Дж). Эта энергия в тротиловом эквиваленте соответствует примерно 5 т тринитротолуола. Отличительной особенностью этого оползня являлась высокая скорость его схождения при сохранении структуры отделившегося от склона тела оползня. Из-за приобретенной высокой кинетической энергии и пониженного трения благодаря водяной подушке оползневые массы практически целиком пересекли реку и отложились на левом берегу. Передвижение оползня происходило крупными мерзлыми блоками, сохранившими в целом геологический разрез исходного обнажения. Такие крупные оползни и обвалы с крутых берегов непредсказуемы и могут быть смертельно опасными для населения.

Ключевые слова: обвал, оползень, деляпсий, землетрясение, р. Камчатка, Центральная Камчатская депрессия

Для цитирования: Зубов А.Г., Наумов А.Н., Бурнатный С.С., Минюк П.С. Крупный оползень со склона яра Половинка через р. Камчатка (Центральная Камчатская депрессия) // Тихоокеанская география. 2025. № 4. С. 99–108. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_8.

Original article

A large landslide from the slope of the Polovinka steep bank across the Kamchatka River (Central Kamchatka Depression)

Alexander G. ZUBOV¹,
Junior research associate
zubov@kscnet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1580-1025>

Alexey N. NAUMOV²,
Engineer
Naumov240395.2@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4084-8028>

Sergei S. BURNATNY³,
Junior research associate
Burns@neisri.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4238-4263>

Pavel S. MINYUK⁴
Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the laboratory,
minyuk@neisri.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8186-3825>

¹Institute of Volcanology and Seimology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
zubov@kscnet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1580-1025>

²⁻⁴N.A. Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute FEB RAS, Magadan, Russia

Abstract. The investigation of the processes of rapid landscape changes is always relevant as they often damage human habitats and, more importantly, pose a direct danger to human life and health. The purpose of this study was to investigate the causes and consequences of a large landslide that occurred in 2016 on the slope of the Polovinka steep bank, located on the right bank of the Kamchatka River (Central Kamchatka Depression), 20 km downstream from Kirganik Settlement in the Milkovsky District of Kamchatka Krai (158° 55.670' east, 54° 54.654' south). It was concluded that the landslide displacement was caused by the peculiarities of the geological and geomorphological structure of the cliff, eroded by floodwaters and triggered by an earthquake. The possible date of the event was between April 10 and May 4. The calculated volume of the descended deposition is 28 thousand cubic meters. The relevant mass of the descended rocks is 56 thousand tons. The estimated energy released during the landslide is $2 \cdot 10^{10}$ J. This energy in the TNT equivalent corresponds to 5 tons of trinitrotoluene. A distinctive feature of this landslide was the high rate of displacement while maintaining the structure of the landslide. Due to the acquired high kinetic energy and reduced friction on the water cushion, the landslide masses almost completely passed through the river and deposited on the left bank. At the same time, the movement of the landslide occurred in large frozen blocks, which retained the overall structure of the original outcrop. Given the high risk of powerful landslides and landslides from steep banks with unpredictable displacement time, it is proposed to install warning signs and explanatory shields for river routes users, as well as for steep slope observers and the nearest river banks visitors.

Keywords: landfall, landslide, delapsies, earthquake, Kamchatka River, Central Kamchatka Depression

For citation: A.G. Zubov, A.N. Naumov, S.S. Burnatny, P.S. Minyuk. A large landslide from the slope of the Polovinka steep bank across the Kamchatka River (Central Kamchatka Depression). *Pacific Geography*. 2025;(4):99-108. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_8.

Введение

Положительные формы рельефа обладают повышенной потенциальной энергией, освобождение которой в результате внезапных природных изменений может привести к необратимым ландшафтным разрушениям. В зависимости от вещественного состава спускающихся масс (вода, грязь, грунт, камни, лед, снег) и механизма движения такие катаклизмы называют наводнениями, селями, лахарами, оползнями [1, 2], обвалами, лавинами. Существенные и быстрые изменения ландшафта происходят при активизации сейсмо-тектонических процессов, а также в результате вулcano-тектонических движений, приводящих к обрушению старых вулканических построек, нарастанию новых форм рельефа при вулканических извержениях в ходе излияний лавовых и пирокластических потоков, в процессе формирования пирокластических отложений, а также явлений, связанных с ускоренным таянием ледников [3–9]. Значительные быстрые ландшафтные изменения на суше возможны также в результате бурных ветровых воздействий, мощных ливней, сезонных подъемов воды в реках, а в прибрежных зонах морей и крупных озер еще и от воздействия штормов и цунами.

В ряде работ приведены примеры сравнительно недавних ландшафтных катастроф с анализом произошедшего [10–16], содержатся результаты теоретического моделирования катастрофических ландшафтных событий [17], обзоры известных методик прогнозирования смещения оползней [18], информация о структуре современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки [19].

В данной публикации содержится анализ произошедшего в 2016 г. мощного сползании пород со склона яра (крутого обрыва) Половинка, расположенного на правом берегу р. Камчатка. Целью этой работы было оценить масштабность этого события, выявить его причины и последствия. Среди поставленных задач наиболее важны следующие: описание геолого-геоморфологических последствий произошедшего события, определение его по времени и разработка вероятного сценария схождения оползневых масс.

Яр Половинка является сложно построенным массивом Центральной Камчатской депрессии (ЦКД), сложенным рыхлыми и слабо сцементированными четвертичными отложениями общей мощностью 80–120 м, которые были детально изучены [20–23]. Для вулканологических исследований обнажение яра Половинка представляет особый интерес, поскольку содержит в своих недрах хорошо стратифицированные горизонты захороненных отложений плейстоценовых вулканических пеплов, которые в хорошем состоянии обнаруживаются только в обнажениях ЦКД и практически не встречаются в других местах полуострова.

Материалы и методы

Обнажение яра Половинка расположено на правом берегу р. Камчатка в 20 км ниже по течению от п. Кирганик Мильковского района Камчатского края (158° 55.670' в.д., 54° 54.654' с.ш.). Оно представляет собой крутой береговой обрыв высотой около 100 м и протяженностью 300 м по излучине реки. По нашим наблюдениям склон яра регулярно с грохотом осыпается пачками обвальных пород разного размера. Особенно интенсивно это происходит в дождливую погоду. Крутизна склона достигает до 80 градусов. Верхняя поверхность яра разбита заросшими неглубокими оврагами и покрыта лесом.

В обнажении выделяются следующие основные толщи осадочных отложений (рис. 1, снизу вверх): 1) нижние 4 м – озерные водоупорные алевролиты в виде синих и сизовато-серых суглинков и супесей (так называемые синие глины) с вкраплениями подслоев тонкозернистых песков; 2) аллювиальные, хорошо перемытые пески и галечники, имеющие общую мощность до 25 м; 3) песчано-галечная толща с глинистым заполнителем мощностью 18 м; 4) преимущественно супесчаная толща мощностью до 35 м. Более детальное описание разреза можно найти в [20, 24].

Наиболее устойчивы к выветриванию и разрушению толщи 1 и 3. По кровле «синих глин» стекают многочисленные ручейки, которые питаются из водоносных горизонтов и водой, возникающей в результате таяния многолетней мерзлоты. Сами водоупоры практически не размываются, поэтому ручейки образуют мелкие водопады. В то же время залегающая на «синих глинах» песчаная толща, являющаяся водоносной, разрушается очень интенсивно, особенно в истоках мелких ручьев, где в толще образуются цирки. В некоторых местах цирки врезаются до 10 м вглубь обнажения.



Рис. 1. Поверхность отрыва оползня. Вид с верхней части оползневых образований (деляпсия) на противоположном берегу. Река протекает между яром и деляпсией и на снимке не видна

Fig. 1. The plane of the breakaway of the landslide. View from the top of the landslide formations (delusion) on the opposite shore. The river flowing between the steep bank and delapsies is not visible in the picture

Обнажение расположено в зоне развития многолетнемерзлых толщ, сохранившихся со времен оледенения и проявляющихся в характерном рельефе полигональной тундры. Мощность оттаявшего слоя невелика. Осенью 2016 г. мерзлотная толща располагалась на глубине в 1.8 м ниже кромки обрыва и в 1 м от поверхности свежего отрыва.

Для оценки результатов схождения оползня использовались данные измерения координат средствами GPS и фотографии авторов с места события (см. рис. 1, 2, 3). Для определения даты события анализировались космические снимки, каталог сейсмических событий. Для расчетов параметров отложений использованы программы Qgis и моделирование простыми объемными фигурами.

Результаты и их обсуждение

Полевой осмотр показал, что сход оползня произошел на самом дренируемом участке обнажения. Плоскость срыва на тот момент была хорошо выражена в обнажении (см. рис. 1). Она отличалась крутизной, и на ней отсутствовала растительность. Согласно свидетельствам местных жителей последствия схода были обнаружены в апреле 2016 г. Опубликованной информации по этому событию выявить не удалось. Космические снимки позволяют понять, что данное событие произошло между 10 апреля и 4 мая. Мы полагаем, что в весеннее половодье произошел размыв нижней алевролитовой толщи, являющейся

естественным фундаментом всего обнажения, и огромная масса отложений верхних толщ рухнула вниз, пересекла реку и остановилась на противоположном низменном левом берегу р. Камчатка, захоронив под собой участок прибрежного леса.

«Спусковым крючком» оползания могло стать одно из нередких для Камчатки землетрясений. Ниже приведена информация из сейсмологического каталога 2016 г. [25] о землетрясениях с эпицентрами в радиусе дуги большого круга $\Delta\alpha^{\circ} < 8^{\circ}$ от местоположения яра Половинка, произошедших в предполагаемом промежутке времени. Из всего списка событий наиболее существенное воздействие могли оказать три ближайших землетрясения с эпицентрами на восточном побережье Камчатки, удаленными менее чем на 190 км (см. табл.).

Таблица

Землетрясения с ближайшими эпицентрами за период 10 апреля – 4 мая 2016 г.
Table. Earthquakes with the nearest epicenters for the period April 10 – May 4, 2016

№	Дата	Время начала, чч:мм:сс.с	Северная широта, градусы	Восточная долгота, градусы	h, км	MPSP	$\Delta\alpha^{\circ}$	L, км
801	14.04	3: 6:11.1	53.73	160.77	43	5.9	1.60	177
856	16.04	17:51:43.7	53.77	160.80	66	4.2	1.58	175
878	19.04	6:21:18.2	53.70	160.88	67	4.0	1.66	185

Примечание: h – глубина гипоцентра, MPSP – магнитуда колебаний источника, рассчитанная по продольной волне, $\Delta\alpha^{\circ}$ – расстояние от эпицентра до яра Половинка по дуге большого круга, L – расстояние от эпицентра до яра Половинка.

Очевидно, самым существенным из приведенных сейсмических событий следует признать землетрясение № 801, произошедшее 14 апреля 2016 г. Оно было одним из ближайших, наименее глубоким и значительно более сильным. При неустойчивом положении пород на склоне яра такое сейсмическое событие могло послужить толчком для схода оползня.

Осмотр отложившихся на другом берегу осадочных образований показал, что произошедший процесс не был обвально-осыпным, иначе все слагающие разрез породы были бы перемешаны. Перемещены огромные блоки с ненарушенной структурой и слоистостью (рис. 2), предположительно, находившиеся в мерзлом состоянии. Сползли с верха яра и преодолели реку даже целые блоки с почвенными и подпочвенными слоями вместе с растущими в них деревьями из леса верхней части яра (см. рис. 1). Сохранность разреза позволяет идентифицировать данный сход пород как оползень, а отложившийся материал называть деляпсием (оползневый коллювий или оползневые образования от лат. delabor – соскальзывать [26]). Высокая скорость перемещения, развитая на крутом спуске, позволила отделившемуся объему пород по инерции проскочить реку с малыми потерями. Это дает основание отнести оползень к категории «экстремально быстрый» (до 5 м/с [27]). Возможно, цельности блочной структуры способствовала водяная подушка, которая могла образоваться при пересечении реки деляпсием. Она снизила силу трения, вызывающую перемешивание материала. Мог уменьшить трение также снежный покров на берегах, который, судя по космическим снимкам, еще не стоял в то время.

Нахождение верхних толщ (задней часть деляпсия) на левом берегу указывает на практически полное перемещение обвального материала через реку. Деляпсий хорошо сохранился и не размыт водой, что говорит о том, что подъем воды после схода оползня был невысоким или его не было. Возможно, низкому уровню подъема воды способствовал сброс части поднявшегося речного потока по низкой пойме и через старое русло (рис. 3), имеющего ширину около 10 м.

Параметры сохранившегося шлейфа деляпсия: координаты крайних точек 54° 54.729' с.ш., 158° 55.728' в.д. и 54° 54.804' с.ш., 158° 55.901' в.д.; длина 230 м; ширина 120 м; площадь 17000 м² (см. рис. 3); высота на отдельных участках превышает 5 м; объем примерно 28000 м³. При предполагаемой величине средней плотности сползших пород, рав-



Рис. 2. Горизонтальная структура деляпися. Вид сбоку

Fig. 2. Horizontal structure of the delapsies. Side view

ной 2 т/м^3 (для сырого песка, влажной земли), общая масса деляпися составляет 56 тыс. т. Величину потенциальной энергии W , содержащейся в сползших породах перед обрушением, можно вычислить по формуле

$$W = mgh,$$

где m – масса тела; $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести; h – высота расположения центра тяжести над уровнем осаднения. Моделируем форму сошедшего слоя как тонкий параллелепипед высотой 100 м. С учетом того, что плотность пород увеличивается сверху вниз, его центр тяжести будет расположен немного ниже середины. Тогда при $h = 30\text{--}40 \text{ м}$,



Рис. 3. Вид с верхней части яра. Контур деляпися. А, В – точки с приведенными в тексте координатами. Серая стрелка указывает расположение старого русла

Fig. 3. View from the top of the steep bank. Outline of the delapsies. A, B are the points with the coordinates given in the text. The gray arrow indicates the location of the old riverbed

$W = (1.6-2.2) \cdot 10^{10}$ Дж. Для специалистов горнодобывающей отрасли, сейсмологов и военных привычнее представить эту энергию в тротиловом эквиваленте. В таком случае ее можно сопоставить с энергией взрыва 4–5 т тринитротолуола. Изначальная потенциальная энергия отделившихся пород в основном перешла в кинетическую, а в конечном итоге вся энергия через трение и разрушение структур перешла в тепловую и диссипировала.

Подобные оползневые процессы характерны для всего Дальнего Востока, периферия которого отличается высокой сейсмо-тектонической активностью. Так, недавно, 17 июня 2024 г., СМИ распространили информацию о сходе в Сахалинской области крупного оползня. Минтранс Сахалинской области сообщало о перекрытии дороги Углегорск–Поречье–Орлово в Углегорском районе оползнем объемом 5000 м³ [28]. Оказывается, такое событие не было неожиданным [29], и ущерб от него можно было предотвратить.

По словам директора Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН Юрия Генсиоровского [29], начиная с 2006 по 2014 г. СФ ДВГИ ДВО РАН по заказу министерства строительства Сахалинской области выполнял оценку развития опасных экзогенных геодинамических процессов (сели, снежные лавины, оползни) для большой территории Сахалинской области. Оценка селевой и лавинной опасности проводилась для всех населенных пунктов региона. Оползневая оценка была сделана для территории некоторых городов. На тот момент это было единственное такое исследование среди субъектов Российской Федерации. Итогом работ стали крупномасштабные карты, схемы планировочных ограничений к генеральным планам населенных пунктов.

Работы по оценке и профилактике оползневой опасности финансово затратны, плановые контрмеры нередко запаздывают, что часто приводит к невозможности своевременного предупреждения последствий оползней и неконтролируемым ситуациям. В данном случае сходжение гораздо менее крупного оползня на Сахалине, в отличие от малоизвестного камчатского, произвело широкий отклик в СМИ, поскольку это событие продемонстрировало угрозу жизни транспортным экипажам на оживленной трассе и нанесло ущерб дорожному хозяйству.

Заключение и выводы

Несмотря на большой объем и занимаемую площадь деляпися, образовавшегося от оползня с яра Половинка, произошедшее событие не привело к катастрофическим последствиям, поскольку не повлекло серьезных нарушений природной среды данного региона и благодаря удаленности не повлияло на хозяйственную деятельность местных жителей. Могли лишь временно пострадать нерестилища лососевых пород рыб, которые располагались на этом участке русла и ниже по течению.

Регулярные деструкции яра Половинка из-за дальности его расположения не представляют опасности для жителей близлежащих поселений и не наносят существенный вред хозяйственной деятельности. Однако крупные оползни могут оказаться смертельно опасными для экипажей и пассажиров речного транспорта, часто проходящего мимо. Кроме того, кажущаяся безопасность размещения лагерей рыбаков, охотников, военных, исследователей или путешественников даже на противоположном левом низменном берегу напротив яра обманчива, о чем и свидетельствуют рассмотренные здесь ландшафтные изменения 2016 г. Представляют опасность даже менее масштабные события. В августе 1960 г. во время исследования геоморфологии обнажения яра Половинка, по словам одного из участников инцидента, небольшим обвалом были сбиты с ног и накрыты двое сотрудников Института вулканологии. К счастью, благодаря оперативности и взаимопомощи им удалось быстро выбраться из-под завала и никто из них серьезно не пострадал.

Опасность для случайных свидетелей обрушений яра могут представлять также наводнения, которые могут возникнуть на месте и выше по течению из-за временного пере-

крытия русла реки. Наиболее безопасно размещение полевых лагерей на берегу ниже по течению от крутого участка яра либо на возвышенностях выше по течению.

Река Камчатка является судоходной. Произошедшее мощное геологическое событие говорит о необходимости предупреждения путешественников об осторожности при пребывании в опасной зоне на подобных участках речных маршрутов хотя бы посредством щитовых оповещений. Более высоким уровнем профилактики чрезвычайных событий мог бы стать регулярный мониторинг состояния опасных береговых образований на реке.

Благодарности. Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ № 15-05-06420. Авторы благодарят Д.В. Мельникова (ИВиС ДВО РАН) за предоставление необходимой информации по спутниковым снимкам. Авторы благодарны В.Е. Быкасову (ИВиС ДВО РАН) за полезные советы при подготовке статьи.

Acknowledgments. The work has been accomplished with partial support from the Russian Foundation for Basic Research Project No. 15-05-06420. The authors thank D.V. Melnikov (IVS FEB RAS) for providing the necessary information on satellite images. The authors are grateful to V.E. Bykasov (IVS FEB RAS) for helpful advice in preparing the article.

Литература

1. Петров Н.Ф. Теоретические основы классификации оползней // Вестник Чувашского университета. Гуманитарные науки. 2005. № 3. С. 267–284.
2. Ежов В.С., Хорошилов В.С. Строение и классификация оползней // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. № 6. С. 54–61.
3. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А. Гигантские обвалы на вулканах // Вулканология и сейсмология. 1984. № 4. С. 14–23.
4. Мелекесцев И.В., Дирксен О.В., Гирина О.А. Гигантский эксплозивно-обвальный цирк и обломочная лавина на вулкане Бакенинг (Камчатка, Россия) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 3. С. 12–24.
5. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. «Век» вулканических катастроф в раннем голоцене Курило-Камчатской области // Глобальные изменения природной среды. Новосибирск, 1998. С. 146–153.
6. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Базанова Л.И., Пинегина Т.К., Дирксен О.В. 0-650 гг. – этап сильнейшего природного катастрофизма нашей эры на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 2003. № 6. С. 3–23.
7. Ponomareva V.V., Melekestsev I.V., Dirksen O.V. Sector collapses and large landslides on Late Pleistocene-Holocene volcanoes in Kamchatka, Russia // J. Volcanol. Geotherm Res. 2006. No. 158. P. 117–138.
8. Пономарева В.В., Мелекесцев И.В., Базанова Л.И., Биндеман И.Н., Леонов В.Л., Сулержицкий Л.Д. Вулканические катастрофы на Камчатке в среднем плейстоцене-голоцене // Экстремальные природные явления и катастрофы: в 2 т. / Т. 1: Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений. М.: ИФЗ РАН, 2010. С. 219–238.
9. Базанова Л.И., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Дирксен О.В., Дирксен В.Г. Вулканические катастрофы позднего плейстоцена – голоцена на Камчатке и Курильских островах. Часть 1. Типы и классы катастрофических извержений – главных компонентов вулканического катастрофизма // Вулканология и сейсмология. 2016. № 3. С. 3–21. DOI: 10.7868/S0203030616030020.
10. Геологическая катастрофа в Долине гейзеров // Вестник КРАУНЦ. 2007. Вып. 9, № 1. С. 9.
11. Пинегина Т.К., Делемень И.Ф., Дрознин В.А., Калачева Е.Г., Чирков С.А., Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Леонов В.Л., Селиверстов Н.И. Камчатская Долина гейзеров после катастрофы 3 июня 2007 г // Вестник ДВО РАН. 2008. № 1. С. 33–44.
12. Двигало В.Н., Мелекесцев И.В. Геолого-геоморфологические последствия катастрофических обвальных и обвально-оползневых процессов в Камчатской Долине гейзеров (по данным аэрофотограмметрии) // Вулканология и сейсмология. 2009. № 5. С. 24–37.
13. Воробьевский И.Б., Дрознин В.А., Фролова Н.Л., Чижова В.П. Гидрологические и рекреационные последствия катастрофического селя в Долине гейзеров (Камчатка) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2010. № 2. С. 46–52.
14. Тавасиев Р.А., Галушкин И.В. Каменно-ледовый обвал с горы Казбек 17 мая 2014 года // Вестн. Владикавказ. НЦ. 2014. Т. 14, № 2. С. 43–45.
15. Тавасиев Р.А. Катастрофические обвалы с ледника Девдорак // Вестн. Владикавказ. НЦ. 2015, Т. 15. № 1. С. 50–57.
16. Котляков В.М., Рототаева О.В., Носенко Г.А., Десинов Л.В., Осокин Н.И., Чернов Р.А. Кармадонская катастрофа: что случилось и чего ждать дальше. М.: Издательский дом «Кодекс», 2014. 184 с.

17. Важенин Б.П. Сценарии прорыва сейсмогенных, ледниковых и иных природных плотин в горных долинах // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 394. С. 230–238. DOI: 10.17223/15617793/394/37.
18. Wenping Gong, Shaoyan Zhang, C. Hsein Juang, Huiming Tang, Shiva P. Pudasaini. Displacement prediction of landslides at slope-scale: Review of physics-based and data-driven approaches // *Earth-Science Reviews*. 2024. Vol. 258. 104948.
19. Скрыльник Г.П., Крылов И.И., Качур А.Н., Невский В.Н. Структура современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки // *Тихоокеанская география*. 2023. № 4. С. 38–51. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_4.
20. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтеева И.С., Лупкина Е.Г. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М.: Наука, 1968. 228 с.
21. Куприна Н.П. Стратиграфия и история осадконакопления плейстоценовых отложений Центральной Камчатки. М.: Наука, 1970. 148 с.
22. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. Новые данные о возрасте плейстоценовых отложений Центральной Камчатской депрессии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т. 13, № 1. С. 106–115.
23. Певзнер М.М., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. Голоценовые почвенно-пирокластические чехлы Центральной Камчатской депрессии: возраст, строение, особенности осадконакопления // *Вулканология и сейсмология*. 2006. № 1. С. 24–38.
24. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В. Четвертичные оледенения Центральной Камчатской депрессии и их значение для расчленения молодых вулканогенных пород Камчатки // Стратиграфия вулканогенных формаций Камчатки. М.: Наука, 1966. С. 168–177.
25. Сейсмологический каталог (сеть телесейсмических станций) [FTP]. *Единая геофизическая служба Российской академии наук*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ceme.gsras.ru/new/catalog> (дата обращения: 17.01.2025).
26. ДЕЛЯПСИЙ // Большая российская энциклопедия. Т. 8. Москва, 2007. С. 487. <https://old.bigenc.ru/geology/text/1946322> (дата обращения: 16.09.2024)
27. Hungr O., Leroueil S., Picarelli L. The Varnes classification of landslide types, an update // *Landslides*. 2014. 11 (2). P. 167–194.
28. Оперативное сообщение об оползне на Сахалине: [Электронный ресурс]. Режим доступа: t.me/mintrans_sakh/3149 (дата обращения: 16.09.2024).
29. Редакционная онлайн статья. Сахалинские ученые предвидели опасность оползня на дороге в Углегорском районе еще в 2015 году // Вестник инженерных изысканий. 2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://izyskateli.info/2024/06/sahalinskie-uchyonye-predvideli-opasnost-opolznaya-na-doroge-v-uglegorskoy-rajoneshhe-v-2015-godu/> (дата обращения: 27.01.2025).

References

1. Petrov, N.F. Theoretical foundations of landslide classification. *Vestnik of the Chuvashsky University. Humanities*. 2005, 3, 267–284. (In Russian)
2. Ezhov, V.S.; Khoroshilov, V.S. Structure and classification of landslides. *Interexpo Geo-Siberia*. 2022, 6, 54–61. (In Russian)
3. Melekestsev, I.V.; Braitseva, O.A. Gigantic Collapses on Volcanoes. *Volcanology and Seismology*. 1988, 4(6), 495–508. (In Russian)
4. Melekestsev, I.V.; Dirksen, O.V.; Girina, O.A. A giant explosive-landslide cirque and a detrital avalanche on Bakening volcano, Kamchatka. *Volcanology and Seismology*. 1998, 4, 495–508. (In Russian)
5. Melekestsev, I.V.; Braitseva, O.A.; Ponomareva, V.V.; Sulzerzhitskiy, L.D. The “Century” of volcanic catastrophes in the Early Holocene of the Kuril-Kamchatka region. *Global environmental changes*. Novosibirsk, Russia, 1998, 146–153 (In Russian)
6. Melekestsev, I.V.; Braitseva, O.A.; Ponomareva, V.V.; Bazanova, L.I.; Pinegina, T.K.; Dirksen, O.V. 0-650 A.D.: A phase of great natural catastrophism during our era in Kamchatka. *Volcanology and seismology*. 2003, 6, 3–23. (In Russian)
7. Ponomareva, V.V.; Melekestsev, I.V.; Dirksen, O.V. Sector collapses and large landslides on Late Pleistocene-Holocene volcanoes in Kamchatka, Russia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2006, 158, 117–138.
8. Ponomareva, V.V.; Melekestsev, I.V.; Bazanova, L.I.; Bindeman, I.N.; Leonov, V.L.; Sulzerzhitskiy L.D. Volcanic catastrophes in Kamchatka in the Middle Pleistocene-Holocene. *Extreme environmental hazards and catastrophes. Vol. 1: Evaluation and ways to reduce negative consequences of extreme environmental phenomena*. Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences: Moscow, Russia, 2010, 219–238. (In Russian)
9. Bazanova, L.I.; Melekestsev, I.V.; Ponomareva, V.V.; Dirksen, O.V.; Dirksen, V.G. Late Pleistocene and Holocene volcanic catastrophes in Kamchatka and in the Kuril Islands. Part 1. Types and classes of catastrophic eruptions as the leading components of volcanic catastrophism. *Journal of Volcanology and Seismology*. 2016, 3(10), 151–169. DOI: 10.7868/S0203030616030020 (In Russian)
10. Geological catastrophe in the Valley of Geysers. *Vestnik KRAUNTS*. 2007, 1(9), 9. (In Russian)

11. Pinegina, T.K.; Delemen, I.F.; Droznin, V.A.; Kalacheva, E.G.; Chirkov, S.A.; Melekestsev, I.V.; Dvigalo, V.N.; Leonov, V.L.; Seliverstov, N.I. Kamchatka Valley of Geysers after the catastrophe on 3 June 2007. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2008, 1, 33–44. (In Russian)
12. Dvigalo, V.N.; Melekestsev, I.V. The geological and geomorphic impact of catastrophic landslides in the Geyser Valley of Kamchatka: Aerial photogrammetry. *Journal of Volcanology and Seismology*. 2009, 3(5), 314–325. DOI 10.1134/S0742046309050029. (In Russian)
13. Vorobievsky, L.B.; Droznin, V.A.; Frolova, N.L.; Chizhova, V. P. Hydrological and recreational effects of a catastrophic mudflow in the Geiser Valley (the Kamchatka Peninsula). *Vestnik of Moscow University. Series 5. Geography*. 2010, 2, 46–52. (In Russian)
14. Tavasiev, R.A.; Galushkin, I.V. Rock-ice collapse of Kazbek Mountain dated May 17, 2014. *Vestnik of Vladikavkaz Science Center*. 2014, 2(14), 43–45. (In Russian)
15. Tavasiev, R.A. Catastrophic collapses from the Devdorak Glacier. *Vestnik of Vladikavkaz Science Center*. 2015, 1(15), 50–57. (In Russian)
16. Kotlyakov, V.M.; Rototaeva, O.V.; Nosenko, G.A.; Desinov, L.V.; Osokin, N.I.; Chernov, R.A. Karmadon catastrophe: What happened and what we should wait for in future. «Kodeks» Publishing House. Moscow, Russia. 2014, 184. (In Russian)
17. Vazhenin, B.P. Destruction scenarios for seismogenic, glacial and any other natural dams in mountain valleys. *Tomsk State University Journal*. 2015, 394, 230–238. DOI 10.17223/15617793/394/37 (In Russian)
18. Gong, W.; Zhang, S.; Juang, C.H.; Tang, H.; Pudasaini, S.P. Displacement prediction of landslides at slope-scale: Review of physics-based and data-driven approaches. *Earth-Science Reviews*. 2024, 258, 104948. DOI 10.1016/j.earscirev.2024.104948.
19. Skrylnik G.P., Krylov I.I., Kachur A.N., Nevsky V.N. The structure of modern exogenous geomorphic processes in Chukotka. *Pacific Geography*. 2023, 4, 38–51. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_4. (In Russian)
20. Braitseva, O.A.; Melekestsev, I.V.; Evteeva, I.S.; Lupikina, E.G. Stratigraphy of Quaternary deposits and glaciation of Kamchatka. Nauka: Moscow, Russia, 1968; 228 p. (In Russian)
21. Kuprina, N.P. Stratigraphy and history of sedimentation of Pleistocene deposits of Central Kamchatka. Nauka: Moscow, Russia, 1970; 148 p. (In Russian)
22. Braitseva, O.A.; Melekestsev, I.V.; Sulerzhitskii, L.D. New data on the Pleistocene deposits in the Central Kamchatka depression. *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2005, 1(13), 99–107. (In Russian)
23. Pevzner, M.M.; Ponomareva, V.V.; Sulerzhitsky, L.D. Holocene soil-pyroclastic successions in the Central Kamchatka depression: ages, structure, depositional features. *Volcanology and seismology*. 2006, 1, 24–38. (In Russian)
24. Braitseva, O.A.; Melekestsev, I.V. Quaternary glaciations of the Central Kamchatka Depression and their significance for the dissection of young volcanogenic rocks of Kamchatka. *Stratigraphy of volcanogenic formations of Kamchatka*. Nauka: Moscow, Russia, 1966; 168–177. (In Russian)
25. Seismological catalog (network of teleseismic stations) [FTP] *Geophysical Survey of Russia Academy of Sciences*. Available online: <http://www.ceme.gsras.ru/new/catalog> (accessed on 17 January 2025). (In Russian)
26. Delapsies. The Great Russian Encyclopedia. V. 8. Moscow. 2007. p. 487. Available online: <https://old.bigenc.ru/geology/text/1946322> (accessed on 16 September 2024). (In Russian)
27. Hungr, O.; Leroueil, S.; Picarelli, L. The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*. 2014, 11 (2), 167–194.
28. Operational report on the landslide on Sakhalin. Available online: t.me/mintrans_sakh/3149 (accessed on 16 September 2024). (In Russian)
29. Online editorial. Sakhalin scientists foresaw the danger of a landslide on the road in the Uglegorsky district back in 2015. *Bulletin of Engineering Surveys*. 2024. Available online: <https://izyskateli.info/2024/06/sahalinskie-uchyonye-predvideli-opasnost-opolznya-na-doroge-v-uglegorsk-rajone-eshhe-v-2015-godu/> (accessed on 27 January 2025). (In Russian)

Статья поступила в редакцию 31.01.2025; одобрена после рецензирования 23.04.2025; принята к публикации 30.04.2025.

The article was submitted 31.01.2025; approved after reviewing 23.04.2025; accepted for publication 30.04.2025.

