

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

УДК 551.311.8

DOI: 10.34753/HS.2020.2.1.8

СЕЛЕПРОПУСКНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ В
ПРИУСТЬЕВЫХ ЧАСТЯХ РЕК
ОСТРОВА САХАЛИН

Д.А. Боброва, Е.Н. Казакова
*ФГБУН Специальное конструкторское бюро
средств автоматизации морских исследований
ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия;
Научно-исследовательский центр «Геодина-
мика», г. Южно-Сахалинск, Россия
darya-kononova@yandex.ru*

DEBRIS FLOW CHECK
CONSTRUCTIONS SITUATED
NEAR THE MOUTH OF RIVERS OF
THE SAKHALIN ISLAND

Darya A. Bobrova, Ekaterina N. Kazakova
*Special Research Bureau for Automation of Marine
Researches, Far Eastern Branch of Russian Acad-
emy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia;
Research Center "Geodynamics",
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
darya-kononova@yandex.ru*

Аннотация. Автомобильные и железные дороги острова Сахалин, а также многие населенные пункты на большом протяжении расположены вдоль береговой линии моря, в нижней части зоны транзита селей. Селевые потоки причиняют ущерб в виде завалов и повреждений дорожного полотна. В некоторых районах острова расположены участки, где количество селевых бассейнов составляет 30-40 шт/км. В основном это склоновые сели, которые формируются ежегодно во время выпадения жидких осадков и объем которых может достигать 500 м³. В то же время селевые потоки могут выполнять важную роль в формировании пляжей и защите от абразии за счет выноса материала в приустьевую часть водотоков. Вынос селевого материала в береговую зону на острове Сахалин осуществляется на побережьях заливов Терпения, Анива, Татарского пролива и на других участках. Пляжевые накопления, узкой полосой протягивающиеся вдоль морского берега, являются лучшей его природной защитой от разрушения. Поэтому необходимость строительства селепропускных сооружений обусловлена не только потребностью в защите дорожного полотна, но и

Abstract. The significant part of roads and railways of the Sakhalin Island are located in the coastal zone of the sea, in the lower part of the debris flow transit zone. Debris flows cause blockages and damage to the roadways. In some areas of the island are sites where the number of debris flow basins is 30-40 per km. Basically, these are slope debris flows, which are formed annually during precipitation of liquid precipitation, and whose volume can reach 500 m³. At the same time, debris flows can play an important role in the formation of beaches and protection from abrasion due to the removal of material to the mouth of the rivers. Transport of debris flow material to the coastal zone on the Sakhalin Island is carried out on the coasts of the Gulf of Patience, the Gulf of Aniva, the Tatar Strait, etc. Beach savings are the best of its natural protection against destruction. Therefore, the need to build seepage facilities is due not only to the need to protect the roadway, but also the importance of transporting debris flow material to the beach area. Characteristics of debris flows in the coastal zone of the island differ in a number of parameters, such as the volume of debris slides, the frequency of formation of debris flows, the type of debris flows, the size of carried fragments of rocks; therefore, when

важностью транспортировки селевого материала в пляжевую зону. Характеристики селевых потоков в береговой зоне острова отличаются по ряду параметров, таких как объем селей, частота формирования селей, тип селей, размер переносимых обломков горных пород, поэтому при выборе селезащитного сооружения необходимо руководствоваться как параметрами селевых потоков, так и ролью селевых отложений в формировании пляжей. В работе рассматривается современное состояние водо- и селепропускных устройств под дорогами в приустьевых частях селевых рек, а также целесообразность выбора селезащитных сооружений в зависимости от характеристик селей и селевых бассейнов.

Ключевые слова: остров Сахалин; береговая зона; характеристики селей; селепропускные сооружения; выбор селезащитного сооружения; склоновые сели.

Введение

Высокую степень площадной пораженности береговой зоны острова Сахалин селевыми процессами обуславливает сочетание гористого рельефа и большой густоты речной сети [Перов, 2012]. Наибольшая густота речной сети отмечается в юго-западной и юго-восточной частях острова, где она достигает 1,5-2 км/км². 98% общего числа рек составляют мелкие реки, имеющие длину менее 10 км и средневзвешенные уклоны 100-300%, что обусловлено близостью основных водоразделов к морскому побережью [Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973]. Благодаря этому селевые потоки в прибрежной части острова характеризуются коротким временем добегания до объектов, расположенных в приустьевой части селевых водотоков, а также наибольшими селевыми расходами именно в этой зоне.

На острове Сахалин сотни километров автомобильных и железных дорог, а также территории многих населенных пунктов расположены между уступами морских террас и морем, в нижней части зоны транзита селей, где расход селевых потоков наибольший, а

choosing a debris flow protection facility, it is necessary to be guided both by the parameters of debris flows and by the role of debris flows in the formation of beaches. The paper examines the current state of water chute and debris flows chute under the roads in the near-mouth parts of debris flow rivers, as well as the expediency of selecting debris flow protection structures depending on the characteristics of debris flows.

Keywords: Sakhalin Island; coastal zone; characteristics of debris flows; debris flows chute; choice of debris flows protection facility; slope debris flows.

водопропускные сооружения под дорожным полотном подвергаются максимальным нагрузкам.

Селевые потоки на острове причиняют главным образом экономический ущерб за счет прекращения движения транспорта при завалах дорожного полотна, который может в несколько раз превышать стоимость прямого ущерба от повреждений и разрушений селевыми потоками объектов и сооружений.

В то же время селевые потоки могут выполнять важную роль в формировании пляжей и защите от абразии за счет выноса материала в приустьевую часть водотоков и формирования пляжей [Олиферов, 2007; Faccini, Piccazzo, Robbiano, 2009]. Селевой материал увеличивает мощность пляжа и защищает от волновых воздействий и размыва расположенные в береговой зоне транспортные магистрали, линии электропередач и территории населенных пунктов, в связи с чем полная блокировка поступления селевых отложений в береговую зону нежелательна.

Таким образом, водопропускные сооружения должны выполнять роль селепропусков, предотвращая повреждения и

завалы дорожного полотна и не препятствуя выносу селевого материала в береговую зону. С другой стороны, на острове Сахалин есть участки с большой площадной пораженностью селевыми процессами (30-40 маленьких склоновых селевых бассейнов на погонный километр, где сели средним объемом 50-100 м³ формируются ежегодно во время выпадения жидких осадков), где строительство селепропускных сооружений экономически нецелесообразно, но принятие решений по противоселевой защите необходимо в связи с регулярными завалами дорог.

В работе приводится описание водо- и селепропускных сооружений в приустьевой части селевых водотоков острова Сахалин, а также описание участков, для которых следует в качестве селезащитного сооружения рассматривать селевые ловушки.

Постановка проблемы

Несмотря на то, что для острова Сахалин характерна высокая площадная пораженность береговой зоны селевыми потоками, почти под всеми объектами дорожной инфраструктуры установлены водопропуски, которые не способны выполнять роль селепропускных сооружений – они не предотвращают завалы и повреждения дорожного полотна, а также блокируют выносы селевого материала в береговую зону.

Такая ситуация наблюдается практически повсеместно на проложенных вдоль берега моря автомобильных и железных дорогах острова Сахалин, а также в границах населенных пунктов острова, таких как Невельск, Холмск, Макаров (рисунок 1). Суммарная протяженность участков дорог, расположенных в береговой зоне, где осуществляется вынос селевого материала на пляж, составляет около 300 км.

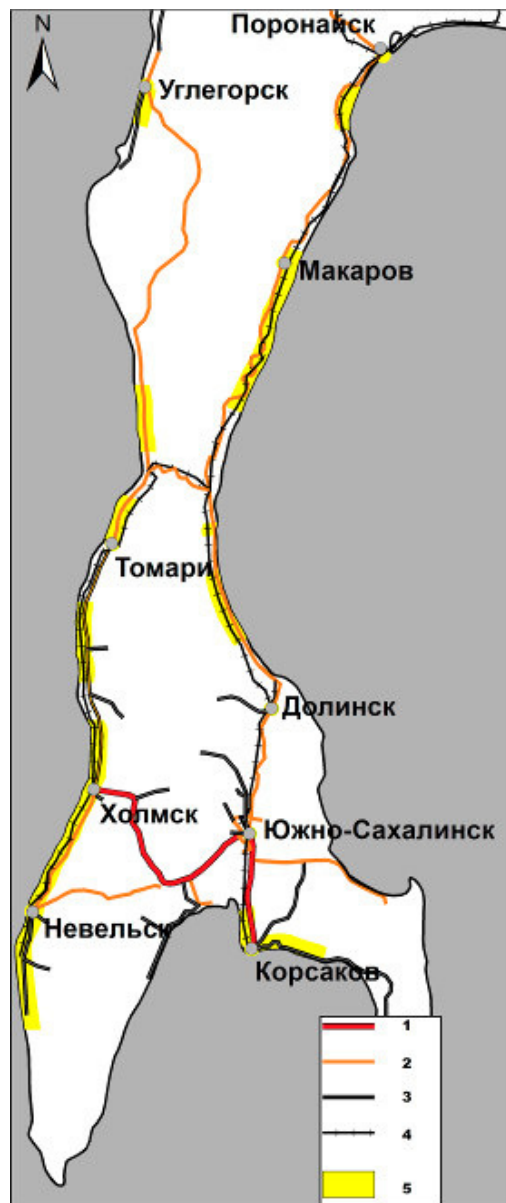


Рисунок 1. Карта-схема участков дорог, расположенных в приустьевой части селевых водотоков острова Сахалин. Цифрами обозначено: 1 – автодороги федерального значения; 2 – автодороги регионального значения; 3 – автодороги местного значения; 4 – железные дороги; 5 – участки, где дороги расположены в приустьевых частях селевых водотоков.

Figure 1. The map-scheme of roads which are situated near the mouth of a debris flow hazardous rivers, Sakhalin Island. The numbers indicate: 1 – highways of federal significance; 2 – roads of regional importance; 3 – local roads; 4 - railways; 5 – sections where roads are located in the estuarine parts of mudflows.

Наибольшие объемы выноса селевого материала на участках автомобильных и железных дорог отмечены на побережье залива Терпения в Макаровском районе (в среднем 1,25 тыс. м³ на погонный километр пляжа в год) и на западном побережье южной части острова Сахалин в Холмском и Невельском районах, где объемы селевых выносов колеблются от 0,1 до 1 тыс. м³ на погонный километр пляжа в год [Казакова, Боброва, 2013].

На побережье острова сходят грязевые, грязекаменные и наносоводные сели. При выходе в береговую зону селевой поток расплывается. Ширина зоны аккумуляции селевых отложений составляет 20-500 м при средней толщине 1-2 м и максимальной – 3,5-4,0 м [Казакова, Боброва, 2013].

В прибрежных селевых бассейнах наблюдается высокая частота селеобразования. Сели формируются здесь 1 раз в 1-3 года; каждые 3-5 лет отмечаются периоды массового селеобразования продолжительностью от 1 до 3-5 суток, во время которых селевые потоки формируются в большинстве бассейнов [Казаков, 2000]. Грязекаменные селевые потоки, выносящие материал в береговую зону, формируются несколько реже – 1 раз в 5-7 лет [Казаков, Генсиоровский, 2008].

Отдельно необходимо отметить формирование склоновых селей на морских террасах острова Сахалин. Участки, на которых развиты склоновые сели, широко распространены на острове [Рыбальченко, 2013а; Рыбальченко, Верховов, 2017]. В некоторых районах количество таких селевых бассейнов на погонный километр берега достигает 40. В них формируются в основном связные сели, имеющие небольшие объемы (до 500 м³) и высокую повторяемость, также они характеризуются большими уклонами (700-1000‰), что обуславливает короткое время добега селя до

расположенной в нижней части зоны транзита дороги.

Еще бóльшую проблему, чем на транспортных магистралях, селевые потоки представляют на территориях приморских населенных пунктов острова Сахалин. Здесь необходимо отметить, что, исключая селевые потоки большого объема редкой повторяемости (например, на реке Рогатка в городе Южно-Сахалинск), на острове наиболее подвержены воздействию селей именно приморские населенные пункты, где застройка занимает нижнюю часть зоны транзита и зону аккумуляции селей [Рыбальченко, 2013б].

Так, город Невельск характеризуется высокой степенью площадной пораженности территории селевыми процессами. На протяжении только вдольбереговой части города (без участков, расположенных в долинах рек Казачка и Лопатинка) насчитывается 17 селевых ручьев, впадающих в море, а также 12 склоновых селевых бассейнов, сформированных на уступах морских террас (протяженность города вдоль берега моря составляет около 11 км).

На территории города русла многих селевых ручьев зарегулированы в узкий и неглубокий бетонный лоток, который не только не может служить селепропускным каналом, но даже не справляется с объемом воды во время паводков. Пример такого ручья показан на рисунке 2. Последний селевой поток сошел здесь в июле 2010 года. Сель вышел за пределы бетонного лотка и завалил прилегающую к ручью территорию. Объем селя составил 600 м³. Длина селевого русла составляет всего 2,3 км, средневзвешенный уклон – 116‰, а площадь бассейна – 1,3 км². Рассчитанный авторами для этого ручья расход воды 1% обеспеченности составляет 8,5 м³/с, 0,1% обеспеченности – 11,8 м³/с, а суточный объем стока – 204 м³.



Рисунок 2. Селевой ручей в городе Невельск (2010 г.): зарегулированное русло ручья после схода селя (a) и селевые отложения за пределами бетонного лотка (b)

Figure 2. Debris flow channel in the city of Nevelsk, 2010: regulated riverbed after the debris flow (a) and debris flow deposits (b)

Таким образом, разнообразие проявлений селевых процессов в совокупности с ролью селевых отложений в формировании пляжей делают задачу строительства селезащитных сооружений на острове Сахалин сложной, требующей детального анализа характеристик селей на каждом селеопасном участке. В настоящее время практически все селезащитные сооружения, расположенные в приустьевой зоне, не выполняют свою роль.

Селепропускные сооружения в приустьевой части селевых водотоков на побережье острова Сахалин

В одном и том же водосборном бассейне объемы селевых потоков значительно превышают объемы воды, проходящие во время паводков, также селевые потоки участвуют в переформировании русла, изменении его направления [Флейшман, 1978]. Кроме того, в результате ударного воздействия селевого потока на инженерные сооружения происходит их повреждение и разрушение. Эти обстоятельства необходимо учитывать при строительстве селепропускных сооружений.

Все водо- и селепропускные сооружения, расположенные в приустьевой части селеопасных водотоков острова Сахалин, можно разделить на три группы.

Селепропускные сооружения

В настоящее время селепропускные сооружения спроектированы и построены лишь на участке протяженностью 7,5 км на территории Макаровского района (189-197 км автодороги Южно-Сахалинск – Оха), где опасность представляют сели из 17 селевых бассейнов [Боброва, 2012] (рисунок 3).

Мостовые переходы

Спроектированные мостовые переходы иногда способны выполнять роль селепропусков. Однако в береговой зоне острова Сахалин большая часть мостовых переходов не всегда справляется даже с объемами воды во время паводков из-за малой площади поперечного сечения мостового отверстия.

Железнодорожный мост на рисунке 3с чаще всего выполняет роль селепропуска при прохождении селей небольших объемов, однако при возможном прохождении крупных грязекаменных селевых потоков боковые пролеты моста забьются селевым материалом, площадь поперечного сечения пролетной части сузится, соответственно, давление селевого потока на мост увеличится, что приведет к повреждению и разрушению полотна железной дороги.

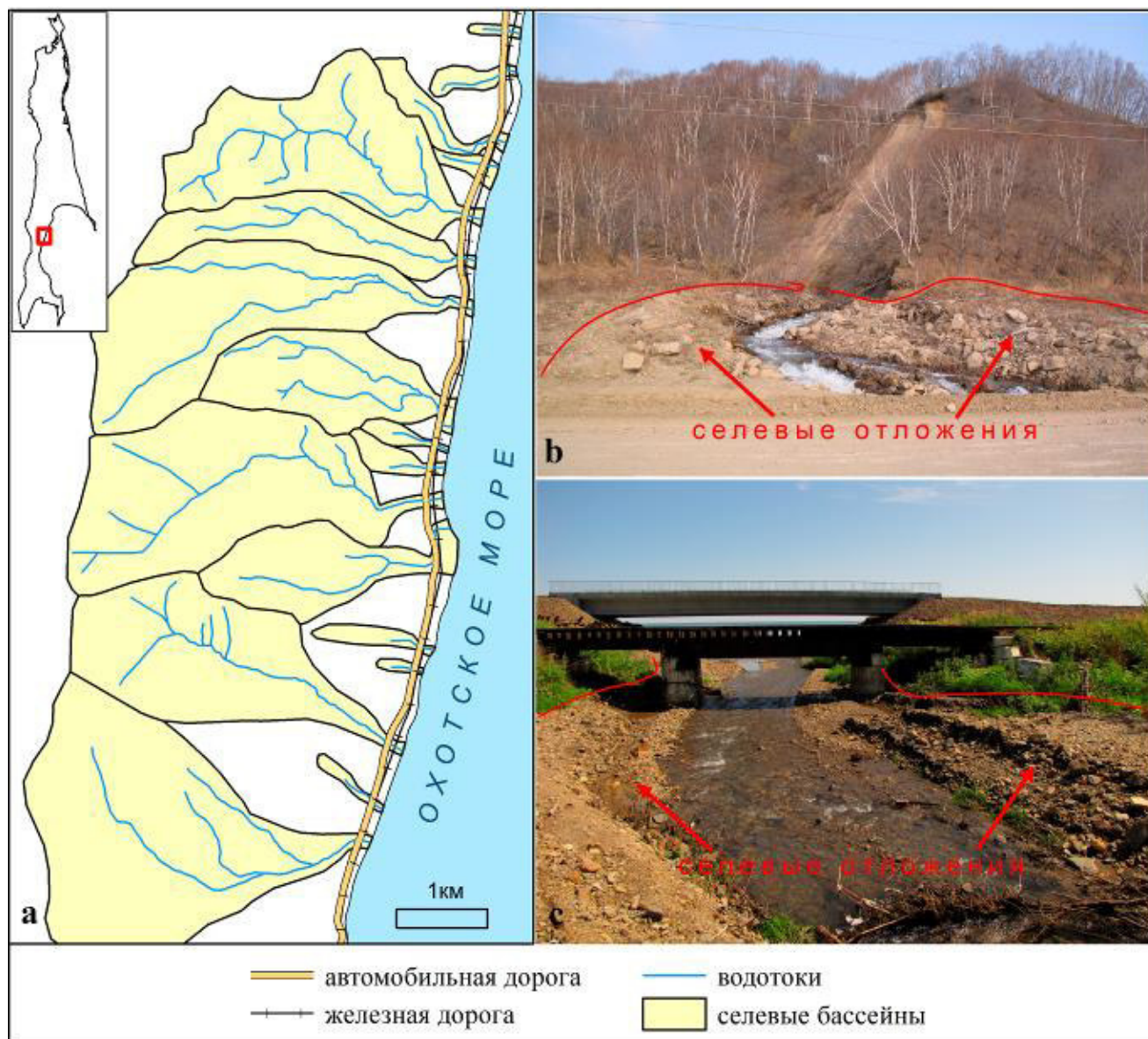


Рисунок 3. Схема селевых бассейнов восточного побережья острова Сахалин (а), селевые отложения (б), мостовой переход железной дороги (на переднем плане) и селепропускное сооружение под автомобильной дорогой (на заднем плане) на реке Жаровка (Макаровский район) (с)

Figure 3. Scheme of debris flow basins of the east coast of Sakhalin Island (a), debris flow deposits (b), the railway bridge (in the foreground) and the pass-through structure under the highway (in the background) on the river Zharovka (Makarovsky district) (c)

Водопропускные трубы

Чаще всего в качестве водопропускных сооружений на ручьях используются железобетонные трубы различного сечения (от 30 до 100 см в диаметре). Естественно, эти сооружения не могут пропустить не только сель, но даже водный поток во время паводка. Трубы быстро заиливаются, забиваются и перестают выполнять свою функцию. В результате на

большей части прибрежных транспортных магистралей острова селевые потоки блокируются дорожным полотном.

На рисунке 4 приведены примеры водопропускных сооружений в прибрежной зоне острова. Водопропуски забиты селевым материалом, на дорогах видны следы селевых отложений, часть отложений расположена в пляжевой зоне.



Рисунок 4. Водопропускные трубы на селеносных ручьях: восточное побережье Южного Сахалина, Макаровский район (а и b), и западное побережье Южного Сахалина, Невельский район (с и d)
Figure 4. Culverts on the debris flow rivers of Sakhalin Island: the Eastern coast of Southern Sakhalin, Makarov district (a and b), and the Western coast of Southern Sakhalin, Nevelsky district (c and d)

Вынос крупноглыбового материала, благодаря которому осуществляется частичное гашение волн, что в свою очередь способствует защите пляжей острова, чаще всего блокируется дорожной насыпью. На участке дороги в приустьевой части водотоков, где осуществляется вынос большого объема селевого материала с крупноглыбовой составляющей, лучшим вариантом противоселевой защиты являются селепропускные сооружения.

Обоснование выбора селезащитного сооружения в приустьевой части селевых водотоков

Строительство селезащитных сооружений в приустьевой части селевых водотоков должно быть обусловлено следующими факторами:

- количеством селевых бассейнов на погонный километр;
- объемом селевых отложений;
- частотой формирования селевых потоков;
- типом селевых потоков;
- расположением в приустьевой зоне участков береговой линии, где осуществляется вынос селевого материала.

Как уже было сказано выше, на острове Сахалин в приустьевой зоне практически повсеместно осуществляется вынос селевого материала на пляж. Помимо этого, в некоторых районах острова (Макаровский район, ряд участков в Холмском и Невельском районах), формируются сели больших объемов с выносом крупноглыбового материала. На таких участках

целесообразно возведение мостовых переходов, выполняющих роль селепропусков.

На участках распространения склоновых селевых бассейнов, с их количеством 30-40 шт/км (участок с. Шебунино – с. Горнозаводск, Невельский район), где формируются сели небольшого объема (до 500 м³), характеризующиеся высокой повторяемостью (3-5 раза в год), на взгляд авторов, целесообразно строительство селевых ловушек.

В качестве сравнительного анализа характеристик склоновых селевых потоков и четырех временных водотоков, по руслам которых в 2015 г. сошли склоновые сели, были

рассчитаны расходы воды редкой повторяемости (0,1% обеспеченности), а также объемы стока и объемы селевых отложений (таблица 1). Бассейны № 1 и № 2 показаны на рисунке 5. Несмотря на небольшие объемы, такие сели регулярно достигают полотна автомобильных и железных дорог, проложенных непосредственно у подножия уступов морских террас (рисунок 5).

В настоящее время на отдельных участках побережий острова не существует никакой защиты от селевых потоков, поэтому несколько раз в год дорогу перекрывают отложения склоновых селей.

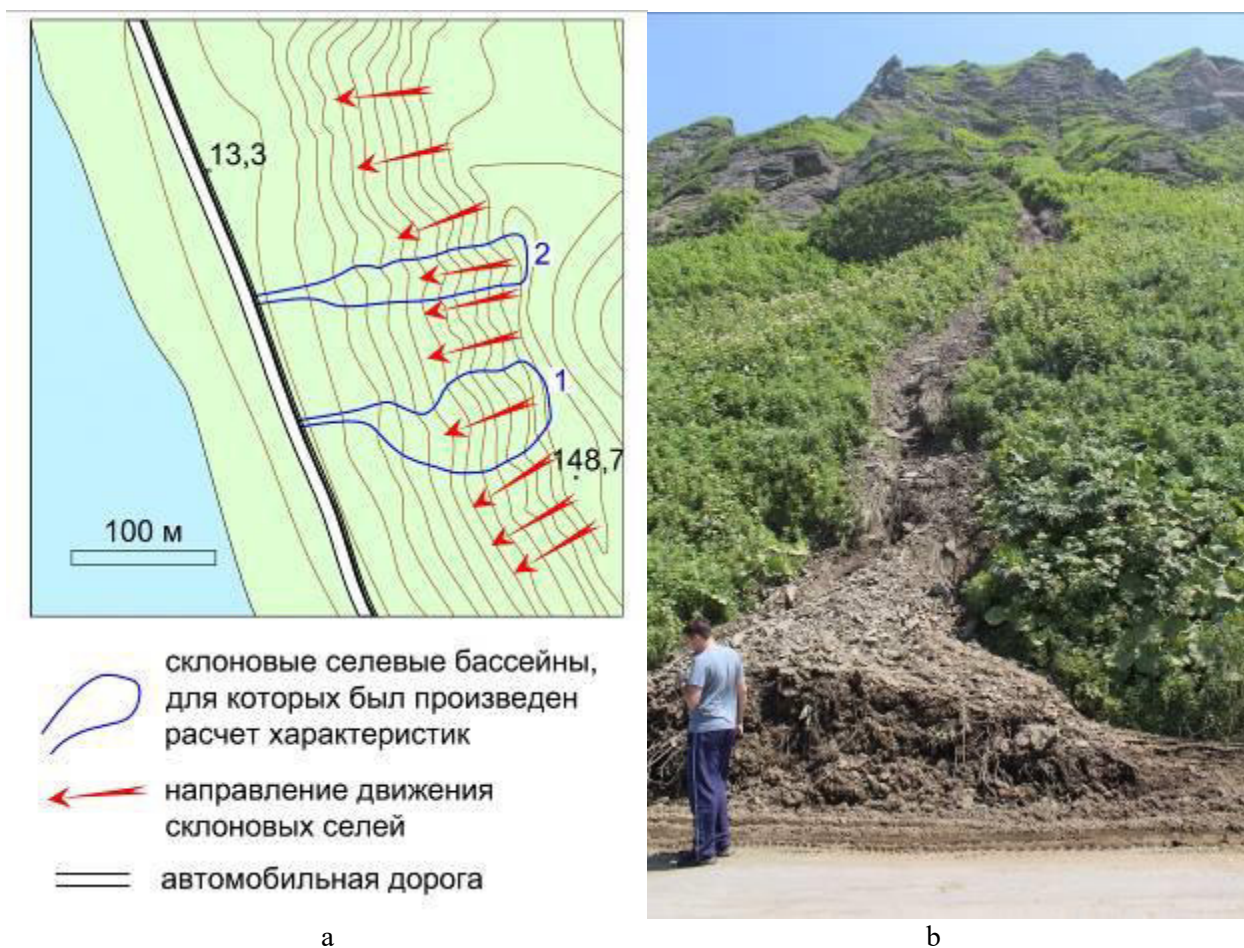


Рисунок 5. Склоновые сели на морских террасах западного побережья Южного Сахалина: схема расположения склоновых селевых бассейнов (а) и отложения склонового селевого потока, завалившего автодорогу с. Шебунино – с. Горнозаводск (Невельский район) в июле 2015 г. (б)

Figure 5. Slope debris flows on the western coast of South Sakhalin: scheme of slope debris flow basins (a) and deposits of slope debris flow on the road Shebunino – Gorno-zavodsk (Nevel'skiy district) in July 2015(b)

Таблица 1. Характеристики склоновых селевых бассейнов на западном побережье Южного Сахалина
Table 1. Characteristics of slope debris flow basins on the western coast of South Sakhalin

№	Средневзвешенный уклон русла, ‰	Длина водотока, м	Площадь бассейна, тыс. м ²	Расход воды, м ³ /с, 0,1% обеспеченности	Объем стока за сутки, м ³	Объем селевых отложений, м ³ (единовременный вынос, 2015 г.)
1	703	170	6	0,010	0,168	40
2	668	180	4,5	0,009	0,144	40
3	1004	120	2,4	0,003	0,072	10
4	986	130	1,9	0,003	0,072	50

Заключение

Суммарная протяженность автомобильных и железных дорог, расположенных в приустьевых частях селевых водотоков, на острове Сахалин составляет около 300 км, а специально спроектированные селепропускные устройства, полностью выполняющие свою функцию, построены только на участке протяженностью 7,5 км.

В ряде случаев роль селепропусков выполняют мостовые переходы, имеющие достаточные площади поперечного сечения подмостового отверстия. Большинство из существующих в настоящее время водопропускных устройств под дорогами выполнять роль селепропусков не способны. Кроме того, в результате забивания отверстий труб и мостов селевыми отложениями последние перестают выполнять свою водопропускную функцию. Поэтому необходимо проектирование новых сооружений, способных обеспечивать прохождение не только воды, но и селевых потоков.

Для того чтобы одновременно избежать повреждения дорожного полотна селевыми

потоками и не препятствовать поставке селевого материала в пляжевую зону, под транспортными магистралями необходимо строить селепропуски; вынесенный в береговую зону селевой материал, аккумулируясь, увеличивает мощность пляжа, защищая проходящие по берегу моря автомобильные и железные дороги от волновых воздействий. Основным критерием для выбора селепропускного сооружения в качестве защиты от селей являются следующие характеристики селей: объемы (более 500 м³), наличие крупноглыбового материала, вынос селевого материала на пляж.

Для выбора сооружений селевой защиты в береговой зоне острова Сахалин необходимо отталкиваться от таких факторов, как объем и частота выноса селевых отложений в пляжевую зону, площадная пораженность селевыми процессами, тип селя (склоновый или долинный), частота формирования, объем селевых отложений, дальность выброса селя.

На некоторых участках из-за малых объемов селевых отложений достаточно сооружения широкой укрепленной канавы, выполняющей роль селевой ловушки.

Литература

Боброва Д.А. Инженерные мероприятия по защите линейных сооружений от селей на о. Сахалин // Труды Второй конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита», посвященной 100-летию С.М. Флейшмана (г. Москва, 17-19 октября 2012 года) / Отв. ред.

References

Bobrova D.A. Inzhenernye meropriyatiya po zashchite lineinykh sooruzhenii ot selei na o. Sakhalin [Engineering actions for protection of linear constructions from debris flow on the Sakhalin Island]. *Trudy Vtoroi konferentsii «Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita»*, posvyashchenoi 100-letiyu S.M. Fleishmana (g. Moskva,

С.С. Черноморец. М.: Географический факультет МГУ, 2012. С. 13-14.

Казаков 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.

Казаков Н.А., Генсировский Ю.В. Грязекаменные сели катастрофических объемов в низкогорье острова Сахалин // Труды Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита» (г. Пятигорск, 22-29 сентября 2008 г.) / Отв. ред. С.С. Черноморец. Пятигорск: Институт «Севкавгипроводхоз», 2008. С. 45-48.

Казакова Е.Н., Боброва Д.А. Роль селевых потоков в формировании пляжей Южного Сахалина // Геориск. 2013. № 3. С. 34-39.

Олиферов А.Н. Селевые потоки в Крыму и Карпатах. Симферополь: Доля, 2007. 176 с.

Перов В.Ф. Селеведение: учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 272 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: в 20 т. Том 18. Дальний Восток. Выпуск 4. Сахалин и Курилы / Под ред. М.Г. Васильковского. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 262 с.

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

Рыбальченко С.В. Селевая опасность для населенных пунктов Сахалинской области // Геориск. 2013б. № 3. С. 40-44.

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

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

Faccini F., Piccazzo M., Robbiano A. Natural hazards in San Fruttuoso of Camogli (Portofino Park, Italy): a case study of a debris flow in a coastal environment // Italian Journal of Geosciences. 2009.

17-19 oktyabrya 2012 goda) [Proceedings of the Second Conference «Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection» dedicated to 100th anniversary of S.M. Fleishman (Moscow, October 17-19, 2012)]. Moscow, Publ. Geograficheskii fakul'tet MSU, 2012, pp. 13-14. (In Russian).

Faccini F., Piccazzo M., Robbiano A. Natural hazards in San Fruttuoso of Camogli (Portofino Park, Italy): a case study of a debris flow in a coastal environment. *Italian Journal of Geosciences*, 2009, vol. 128, no. 3, pp. 641-654. DOI: [10.3301/IJG.2009.128.3.641](https://doi.org/10.3301/IJG.2009.128.3.641)

Fleishman S.M. *Seli. [Debris flow]*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1978. 312 p. (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).

Kazakov N.A., Gensirovskiy Y.V. Gryazekamennye seli katastroficheskikh ob'emov v nizkogor'e ostrova Sakhalin [The debris flows of catastrophic volume in low mountains of Sakhalin Island]. *Trudy Mezhdunarodnoi konferentsii «Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita» (g. Pyatigorsk, 22-29 sentyabrya 2008 g.)* [Proceedings of the International Conference «Debris flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection» (Pyatigorsk, September 22-29, 2008)], Pyatigorsk: Publ. Sevkaavgiprovdokhoz Institute, 2008, pp. 45-48. (In Russian).

Kazakova E.N., Bobrova D.A. Rol' selevykh potokov v formirovanii plyazhei Yuzhnogo Sakhalina [The role of debris-flow processes in formation of beaches of the Southern Sakhalin]. *Georisk [Georisk]*, 2013, no. 3, pp. 34-39. (In Russian; abstract in English).

Oliferov A.N. *Selevye potoki v Krymu i Karpatakh [Mudflows in the Crimea and the Carpathians]*. Simferopol', Publ. Dolya, 2007. 176 p. (In Russian).

- Vol. 128. No. 3. P. 641-654. DOI: [10.3301/IJG.2009.128.3.641](https://doi.org/10.3301/IJG.2009.128.3.641)
- Perov V.F. *Selevedenie: uchebnoe posobie*. Moscow, Moscow University Press, 2012. 272 p. (In Russian).
- Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: v 20 vol. Tom 18. Dal'nii Vostok. Vypusk 4. Sakhalin i Kurily. [Surface water resources of the USSR: in 20 volumes. Volume 18. The Far East. Issue 4. Sakhalin and the Kuril Islands]*. Vas'kovskii M.G. (ed.). Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 1973. 262 p. (In Russian).
- Rybalchenko S.V. Selevye protsessy na sklonakh morskikh terras yuzhnogo Sakhalina [Mudflow processes on slopes of the marine terraces of South Sakhalin]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk [Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences]*, 2013a, no. 3(169), pp. 52–59. (In Russian).
- Rybalchenko S.V. Selevaya opasnost' dlya naseleennykh punktov Sakhalinskoi oblasti [Mudflow hazard for the Sakhalin Region settlements]. *Georisk [Georisk]*, 2013b, no. 3, pp. 40-44. (In Russian; abstract in English).
- Rybalchenko S.V., Verkhovov K.V. Sklonovye selevye basseiny i ikh morfodinamicheskie osobennosti [Slope debris flow basins and their morphodynamic features]. *Georisk [Georisk]*, 2017, no. 4, pp. 58-63, 78. (In Russian; abstract in English).