

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

УДК 551.4.042

ФОРМЫ СКЛОНОВЫХ СЕЛЕВЫХ БАССЕЙНОВ НА МОРСКИХ ТЕРРАСАХ О. САХАЛИН И ИХ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ГОРНЫХ ПОРОД

© 2018 г. С. В. Рыбальченко^{1,*}, К. В. Верховов^{2,**}

¹ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Сахалинский филиал,
ул. Горького, 25, г. Южно-Сахалинск, 693000 Россия

²МКУ “Управление капитального строительства”,
ул. Невельского, 31, г. Южно-Сахалинск, 693000 Россия

*E-mail: rybalchenko_sv@mail.ru

**E-mail: konstantin_verhovov@mail.ru

Поступила в редакцию 27.10.2017 г.

После исправления 29.01.2018 г.

На территории о. Сахалин значительная часть населенных пунктов и объектов транспортной инфраструктуры расположена в прибрежной зоне, и зачастую они оказываются под воздействием склоновых экзогенных процессов, что не учитывается при территориальном планировании и трассировке линейных сооружений. К числу наиболее опасных экзогенных процессов на склонах морских террас о. Сахалин относятся селевые потоки. В работе рассматривается влияние литологического состава горных пород на формы склоновых селевых бассейнов и тип селевого процесса. Селевые процессы на склонах морских террас протекают в различных литологических комплексах, стойкость которых к факторам денудации и селеформированию обусловлена степенью литификации слагающих горных пород, наличием легкоразмываемых цементов и крупностью обломочного материала. Каждый из литологических комплексов представлен специфическим составом селеформирующих пород, что обуславливает особенности формы и геоморфологического строения селевого бассейна, а также селевого процесса в целом. Выделена прямая зависимость: литологический комплекс – селевой процесс – форма селевого бассейна. На склонах морских террас о. Сахалин авторами выделено пять типов склоновых селевых бассейнов: промоина, линейный овраг (врез), извилистый врез, денудационная воронка, ромбовидный овраг. Формы склоновых селевых бассейнов могут быть осложнены дополнительными элементами эрозионного рельефа, однако именно форма и морфометрическая формула основного водосбора позволяет определить форму всего селевого бассейна, тип селевого процесса и литологический комплекс.

Ключевые слова: денудация, литологический комплекс, селевой поток, склоновый селевой бассейн, селевой процесс

DOI: 10.1134/S0869780318040099

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На территории о. Сахалин значительная часть населенных пунктов и объектов транспортной инфраструктуры расположена в прибрежной зоне, что обусловлено природными факторами и историей освоения региона. Плотной застройке жилыми и промышленными объектами подвергаются морские террасы нескольких уровней и речные долины. Кроме того при строительстве транспортных магистралей и других линейных сооружений именно поверхности морских террас и их подножья представляются наиболее рациональными для трассировки, поскольку позволяют сократить трудозатраты и капитальные вложения на стадии строительства. Однако объекты,

расположенные на морских террасах, зачастую оказываются под воздействием склоновых экзогенных процессов (оползней, селей и т.д.), что не учитывается при территориальном планировании и трассировке. На первый взгляд относительно стойкие породы оказываются более восприимчивыми к факторам денудации, а пестрый состав свит, слагающих морские террасы, создает сложные инженерно-геологические условия.

К числу наиболее опасных экзогенных процессов на склонах морских террас о. Сахалин относятся склоновые сели, поскольку они отличаются внезапностью, высокими скоростями, дальностью выброса и большой разрушительной силой, даже при небольших объемах (первые тысячи кубических метров) [3]. Склоновые сели

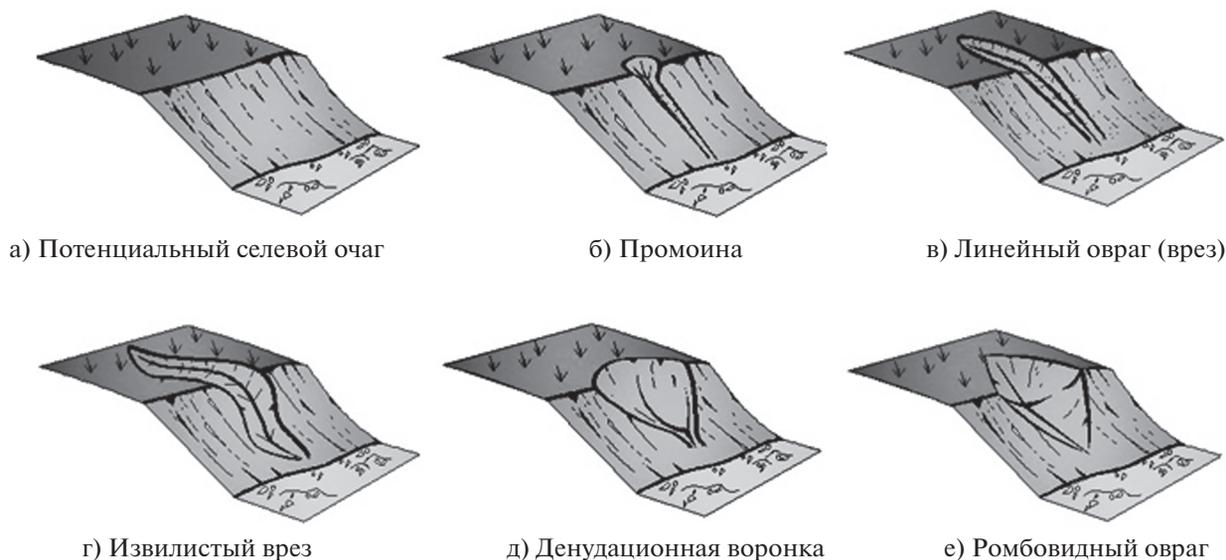


Рис. 1. Формы склоновых селевых бассейнов на морских террасах (конус выноса не показан).

широко распространены на побережье Южного и Среднего Сахалина [7, 8]. Стоит отметить, что селевые бассейны обладают значительным разнообразием форм и морфометрических характеристик, а формирующиеся в них сели имеют различные вещественный состав селевой массы, скорость, объем, дальность выброса и частоту.

Поскольку геологические факторы являются одними из определяющих в формировании селей, наиболее перспективным представляется подход к классификации форм склоновых селевых бассейнов, прогнозированию характеристик селевых потоков и селевой опасности на основе литологического состава горных пород, вмещающих селевые бассейны. Таким образом, крупномасштабные геологические, литологические и инженерно-геологические карты могут быть основой для создания карт селевых геосистем и использоваться при разработке схем территориального планирования, трассировке линейных сооружений, оценке селевых рисков, а также разработке мероприятий по инженерной защите.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ГОРНЫХ ПОРОД МОРСКИХ ТЕРРАС О. САХАЛИН

Литологические комплексы горных пород выделяются на основе устойчивости пород к факторам денудации, в них объединяются породы, слагающие свиты, сходные по генезису и физическим свойствам независимо от их возраста [4]. Наибольшее влияние на устойчивость пород к факторам денудации оказывают минералогический состав цемента (кремнистый, карбонатный, железистый, хлорито-глинистый, глинистый) и гранулометрический состав горных пород [5]. Наиболее устойчивый – кремнистый цемент, а наименее – глинистый. Устойчивость также уве-

личивается с увеличением размерности обломочного материала.

На склонах морских террас о. Сахалин можно выделить шесть литологических комплексов горных пород, в которых формируются склоновые сели: разномерный, песчаниковый, глинисто-алевролитовый, песчаниково-кремнистый, кремнисто-алевролитовый и вулканогенный. Каждый из литологических комплексов представлен специфическим составом селеформирующих пород (пески, супеси, глины, аргиллиты, алевролиты, песчаники, туфы и т.д.), что обуславливает особенности формы и геоморфологического строения селевого бассейна, а также селевого процесса в целом. Существование сходных литологических комплексов присуще всем регионам гумидной зоны [4].

Стоит отметить, что помимо склоновых селевых бассейнов (сформировавшихся на склоне в результате современных процессов эрозии и денудации, угол продольного уклона зоны транзита которых равен или превышает угол внутреннего трения селеформирующих пород, с преобладающим сдвиговым и эрозионно-сдвиговым селевым процессом [6, 9]), также широко распространены долинные селевые бассейны, прорезающие морскую террасу [3].

ФОРМЫ СКЛОНОВЫХ СЕЛЕВЫХ БАССЕЙНОВ

Склоновые селевые бассейны на морских террасах о. Сахалин могут быть представлены протяженными участками склонов (до нескольких сотен метров), на которых развиты процессы линейной и плоскостной водной эрозии (потенциальный селевой очаг) (рис. 1а), а также различными отрица-

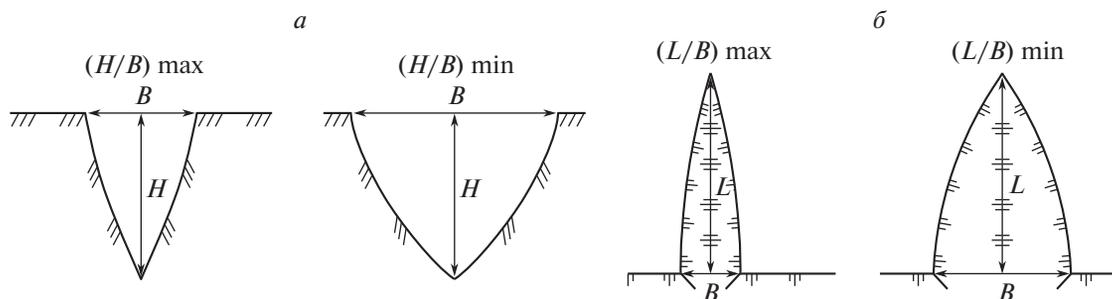


Рис. 2. Морфометрическая зависимость отношения H/B (а) и L/B (б).

тельными формами рельефа. Авторами выделено пять типов склоновых селевых бассейнов (рис. 1б–е), соответствующих разным эрозионным и денудационным формам рельефа.

Склоновые селевые бассейны, являющиеся линейными эрозионными формами рельефа, в рыхлых породах представлены элементами овражно-балочной сети (оврагами), а в литифицированных горных породах – эрозионными врезами.

Для количественного описания формы склоновых селевых бассейнов удобно использовать морфометрическую формулу (1), предложенную Ю.Б. Виноградовым для определения ландшафтных типов селевых очагов, которая также позволяет записать морфометрическое соотношение склоновых селевых бассейнов (табл. 1).

$$M\Phi = (H/B)(L/B),$$

где H , B , L – соответственно средняя глубина, средняя ширина по верху и длина морфологического образования [1].

Отношение H/B позволяет оценить крутизну бортов селевого бассейна (рис. 2а), а отношение L/B относительную ширину бассейна (рис. 2б).

Промоины (см. рис. 1б) – элементарные склоновые селевые бассейны, обладают максимальными значениями H/B и L/B , представлены узкими, неглубокими и протяженными эрозионными

формами микрорельефа с отвесными или субвертикальными бортами, простирающимися по всей длине склона. Продольный профиль промоины повторяет профиль склона, а площадь водосбора может иметь значительные размеры.

Линейные овраги (врезы) (см. рис. 1в) близки по морфометрической формуле к промоинам, однако обладают менее крутыми бортами. Линейный овраг (врез), как правило, развивается за пределы склона по поверхности террасы.

Извилистые врезы (см. рис. 1г) представлены протяженными водосборами, ширина которых больше ширины линейных врез за счет наличия боковой эрозии, возникающей вследствие изменения транспортирующей способности потока. Борты их более пологи и близки к углу естественного откоса слагающих пород. Извилистые врезы простираются далеко за пределы склона по поверхности морской террасы.

Денудационные воронки (см. рис. 1д) обладают минимальными значениями H/B и L/B , и представлены короткими и широкими водосборами с очень пологими бортами. Простираются такие селевые бассейны, как правило, на несколько метров от бровки откоса по поверхности террасы.

Ромбовидные овраги (см. рис. 1е) близки по морфометрической формуле к денудационным воронкам, однако обладают более вытянутым во-

Таблица 1. Морфометрические характеристики различных форм склоновых селевых бассейнов на склонах морских террас о. Сахалин

Формы склонового селевого бассейна	Характеристики склонового селевого бассейна		
	Ширина, м	Глубина, м	Морфометрическая формула
потенциальный селевой очаг	3–250	<1	–
промоина	1–15	0.5–2	(0.05–0.25)(1.5–21)
линейный овраг (линейный врез)	13–90	2–8	(0.05–0.23)(2.5–14)
извилистый врез	20–150	2–20	(0.06–0.17)(3.5–9)
денудационная воронка	2–10	2–6	(0.03–0.12)(1.5–2)
ромбовидный овраг	10–145	2–16	(0.04–0.18)(1.2–3)

Таблица 2. Литологические комплексы склонов морских террас о. Сахалин

Литологический комплекс (по Г.В. Полунину)	Степень литификации (по Г.В. Полунину)	Литологический состав горных пород (по Г.В. Полунину)	Форма склонового селевого бассейна
Разнозернистый	Рыхлые	Галечники, пески, супеси, щебень	Промоины, линейные и ромбовидные овраги
Песчаниковый		Песчаники на глинистом цементе	Промоины, линейные и ромбовидные овраги, денудационные воронки
Глинисто-алевролитовый	Слабо литифицированные	Глины, алевролиты, аргиллиты с прослоями песчаников и углей; цемент – глинисто-серицитовый	Промоины, денудационные воронки
Песчаниково-кремнистый		Песчаники, аргиллиты, алевролиты кремнистые, туфопесчаники, туфы, конгломераты; цемент – хлоритово-глинистый.	Промоины, линейные и извилистые врезы
Кремнисто-алевролитовый	Сильно литифицированные	Алевролиты, опоки, кремнистые аргиллиты	
Вулканогенный		Туфы, андезиты, дациты, диабазы	

досбором, простирающимся по поверхности террасы, и крутыми бортами (угол откоса больше угла внутреннего трения), с активными процессами денудации.

В отличие от промоин денудационные воронки и все виды оврагов (врезов) являются отдельными формами эрозионного и денудационного рельефа, часто приуроченные к общей овражно-балочной сети, поэтому они обладают собственным водосбором и выработанным профилем, отличным от профиля склона.

Во всех видах оврагов и врезов преобладает эрозионно-сдвиговый селевой процесс, в денудационных воронках – сдвиговый, а в промоинах – как эрозионно-сдвиговый, так и сдвиговый.

ЗАВИСИМОСТЬ ФОРМЫ СКЛОНОВОГО СЕЛЕВОГО БАСЕЙНА ОТ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ГОРНЫХ ПОРОД

Для всех селеформирующих литологических комплексов горных пород, слагающих морские террасы о. Сахалин, присущи специфические формы склоновых селевых бассейнов (табл. 2).

Для рыхлых разнозернистых, а также слабо литифицированных песчаниковых литологических комплексов наиболее характерны склоновые селевые бассейны в форме промоин, линейных и ромбовидных оврагов. Прямолинейность таких склоновых селевых бассейнов обусловлена хорошей инфильтрацией песков, что способствует уменьшению поверхностного стока и снижению относительной транспортирующей способности

потока. Образование ромбовидных оврагов есть следствие низкой устойчивости пород к денудации. В связи с этим в пределах бассейна активно протекает педиленизация бортов.

Слабо литифицированные глинисто-алевролитовые литологические комплексы формируют склоновые селевые бассейны в виде промоин и денудационных воронок (что свидетельствует о реологических явлениях). Зачастую в таких бассейнах преобладает сдвиговый селевой процесс, а селевой поток формируется посредством трансформации: оползень – оползень течения – сель, в процессе, которой происходит изменение скорости потока, его вязкости и связности.

Сильно литифицированные песчаниково-кремнистые и кремнисто-алевролитовые литологические комплексы образуют склоновые селевые бассейны в виде промоин, линейных и извилистых врезов. Очевидно, что причины образования промоин и линейных врезов аналогичны возникновению подобных бассейнов в разнозернистых и песчаниковых комплексах. Горные породы, приуроченные к данным литологическим комплексам, обладают высокой пористостью или трещиноватостью, как следствие, высоким водопоглощением и низкой морозостойкостью. Возникновение извилистых врезов связано с наличием трудно размываемых цементов, что значительно влияет на транспортирующую способность потока и приводит к меандрированию русла и возникновению боковой эрозии.

Вулканогенные литологические комплексы формируют склоновые селевые бассейны в виде промоин, линейных и извилистых врезов, под



Рис. 3. Классификация склоновых селевых бассейнов на основе таксономических уровней.

воздействием эрозионно-сдвигового селевого процесса. Стоит отметить, что именно этот комплекс, благодаря высокой крупности обломочного материала и отсутствию легкоразмываемых цементов, наиболее стойкий к факторам денудации и селеформированию.

Таким образом, форма селевого бассейна зависит от литологического состава слагающих горных пород. Выделена прямая зависимость: литологический состав горных пород – селевой процесс – форма селевого бассейна.

Формы склоновых селевых бассейнов могут быть осложнены дополнительными элементами рельефа, так например, в вершине ромбовидного оврага может развиваться врез, а линейный или извилистый овраг могут иметь отвершки и т.д. Кроме того изменение транспортирующей способности потока может стать причиной увеличения или уменьшения глубинной и боковой эрозии на локальных участках, что приводит к образованию “водобойных колодцев”, спрямлению или меандрированию русла [2]. Однако именно морфометрическая формула основного водосбора позволяет определить форму склонового селевого бассейна. В пределах одного литологического комплекса могут встречаться нехарактерные формы склоновых селевых бассейнов, что обусловлено пестрым составом свит.

КЛАССИФИКАЦИЯ СКЛОНОВЫХ СЕЛЕВЫХ БАССЕЙНОВ НА ОСНОВЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ГОРНЫХ ПОРОД

Каждую из форм склоновых селевых бассейнов, выделенных по особенностям геоморфоло-

гического строения и литологического состава горных пород, можно классифицировать в соответствии с таксономическими уровнями: класс – структура рельефа (морская терраса); подкласс – тип морского берега (аккумулятивная, аккумулятивно-денудационная террасы и абразионный уступ); тип – литологический комплекс горных пород (разнозернистый, песчанниковый, глинисто-алевролитовый, песчаниково-кремнистый, кремнисто-алевролитовый и вулканогенный); подтип – форма склонового селевого бассейна (промоина, линейный овраг (врез), извилистый врез, денудационная воронка, ромбовидный овраг) (рис. 3).

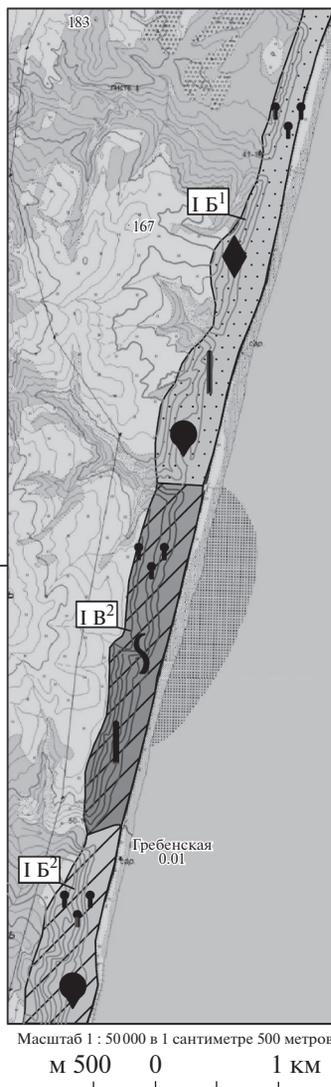
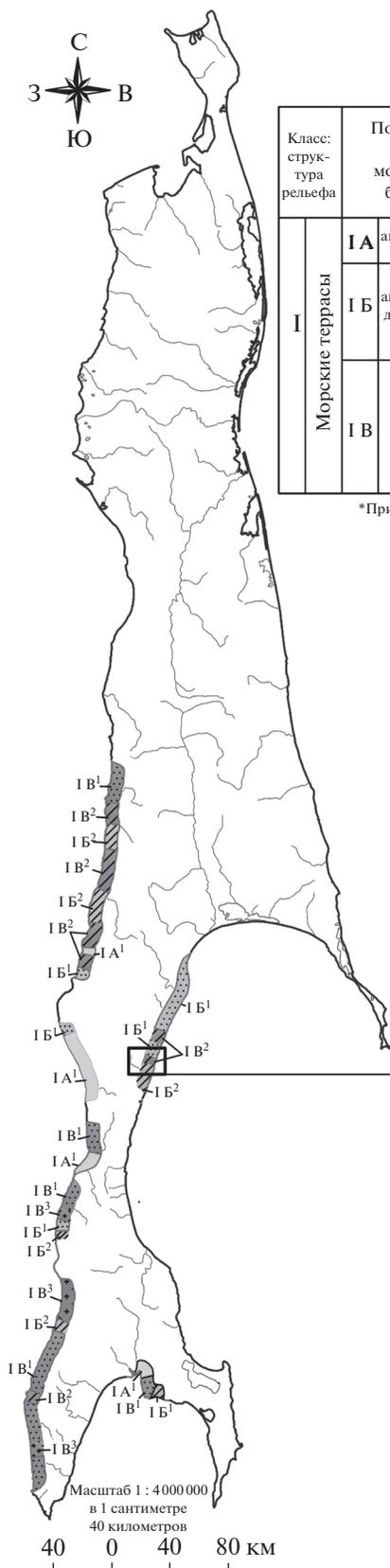
Предлагаемая методика позволяет выделить территории, сходные по условиям селеобразования и характеристикам селевых процессов даже в том случае, если они находятся в разных географических районах.

Авторами статьи на основе предложенной классификации построена карта-схема селевых геосистем на склонах морских террас о. Сахалин в масштабе 1 : 4000 000 (рис. 4а) с картой-врезкой в масштабе 1 : 50 000 (рис. 4б) для участка восточного побережья Среднего Сахалина (одного из самых селеопасных участков побережья острова). Карта позволяет определить основные характеристики селей (структурно-реологический тип, вещественный состав и плотность селевой массы, объем селевых выносов), частоту селеформирования и особенности селевого процесса (табл. 3). Карты селевых геосистем на склонах морских террас в масштабе 1 : 50 000 могут использоваться для оценки селевой опасности транспортных магистралей и урбанизированных территорий.

Условные обозначения
Селевые геосистемы на морских террасах

Класс: структура рельефа	Подкласс: тип морского берега	Тип: литологический комплекс горных пород	Подтип: форма склонового селевого бассейна	Характеристики селевого процесса		Характеристики селевого режима
				Тип селя*	Макс. объем селя, тыс. м ³	
I Морские террасы	IA аккумулятивная терраса	IA ¹	промоины, линейные и ромбовидные овраги	Г	1	1–0.3
		IB ¹	промоины, линейные и ромбовидные овраги, денудационные воронки	Г, ГК	5	0.3–0.2
	IB ²	промоины, денудационные воронки	ГК	5	0.3–0.2	
	IV абразивный уступ	IV ¹	промоины, линейный и извилистые врез	ГК	3	0.2–0.1
		IV ²	промоины, линейный и извилистые врез	ГК	3	0.2–0.1
		IV ³	промоины, линейный и извилистые врез	ГК	3	0.2–0.1

*Примечание: Тип селя Г – грязевой; ГК – грязекаменный



Формы склоновых селевых бассейнов

- промоина
- линейный овраг (врез)
- извилистый врез
- ромбовидный овраг
- денудационная воронка

Рис. 4. Карта-схема селевых геосистем на морских террасах: а – о. Сахалин в масштабе 1 : 4 000 000; б – западного побережья залива Терпения в масштабе 1 : 50 000.

Таблица 3. Легенда к карте-схеме селевых геосистем на морских террасах о. Сахалин

Класс: структура рельефа	Подкласс: тип морского берега	Относительная высота, м	Уклон, град	Тип: литологический комплекс горных пород	Литологический состав горных пород (по Г.В. Полунину)	Балл устойчивости горных пород	Сопротивление раздвиганию горных пород, МПа	Подтип: форма склонового селевого бассейна	Характеристики селевого процесса						Характеристики селевого режима	
									Тип селевого процесса (по Ю.В. Виноградову)*	Структурно-реологический тип селевого потока	Тип селевого потока**	Плотность селевой массы, кг/м ³	Макс. объем селя, тыс. м ³	Средняя скорость, мм/сут	Средняя частота, раз в год	
Морские террасы	аккумулятивная терраса	10–40	25–35	раздельно-зернистый	галечники, пески, супеси, щебень	I	10–20	промоины, линейные и ромбовидные овраги	С, Э-С	связный	Г	1800–2100	1	30	1–0.3	
	аккумулятивно-денудационная терраса	20–80	25–45	песчаный	песчаники на глинистом цементе	II	10–20	промоины, линейные и ромбовидные овраги, денудационные воронки	С, Э-С	связный	Г, ГК	1800–2300	5	50	0.3–0.2	
				глинисто-алевролитовый	глины, алевролиты, аргиллиты с прослоями песчаников и углей, цемент – глинисто-серпичитовый	III	10–20	промоины, денудационные воронки	С, Э-С	связный	ГК	1800–2300	5	50	0.3–0.2	
	абразионный уступ	80–200	35–60	песчаниково-кремнистый	песчаники, аргиллиты, алевролиты кремнистые, туфопесчаники, туфы, конгломераты, цемент – хлоритово-глинистый	III	20–50	промоины, линейные и извилистые врезы	С, Э-С	связный	ГК	1800–2300	3	50–70	0.2–0.1	
				кремнисто-алевролитовый	алевролиты, опоки, кремнистые аргиллиты	III	20–50		С, Э-С	связный	ГК	1800–2300	3	50–70	0.2–0.1	
				вулканогенный	туфы, андезиты, дациты, диабазы	IV	80–130		С, Э-С	связный	ГК	1800–2500	3	50–70	0.2–0.1	

Примечание * Тип селевого процесса: С – сдвиговой; Э-С – эрозивно-сдвиговой.

Примечание ** Тип селевого потока: Г – грязевой; ГК – грязекаменный.

ВЫВОДЫ

На основе особенностей геоморфологического строения и литологического состава горных пород впервые разработана классификация форм склоновых селевых бассейнов на морских террасах о. Сахалин, в соответствии с которой выделено 5 форм селевых бассейнов: промоина, линейный овраг (врез), извилистый врез, денудационная воронка, ромбовидный овраг.

Литологический состав горных пород, слагающих селевые бассейны, определяет форму склонового селевого бассейна, тип селевого процесса и характеристики склоновых селевых потоков.

Разработана методика построения карт селевых геосистем склоновых селей на морских террасах. Составлена карта-схема селевых геосистем склоновых селей на морских террасах о. Сахалин в масштабе 1 : 4 000 000 с картой-врезкой в масштабе 1 : 50 000. Карта позволяет определить основные характеристики селей, частоту селеформирования и особенности селевого процесса:

- для аккумулятивных морских террас, сложенных рыхлыми породами, характерны формы склоновых селевых бассейнов в виде промоин, линейных и ромбовидных оврагов; формируются преимущественно грязевые селевые потоки;

- для аккумулятивно-денудационных морских террас и абразионных уступов, сложенных литифицированными породами, характерны формы склоновых селевых бассейнов в виде промоин, денудационных воронок, линейных и извилистых врезов; формируются грязекаменные сели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А.* Математическое моделирование в гидрологии: уч. пос. для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Издательский центр "Академия", 2010. 304 с.
2. География овражной эрозии / Под ред. Е.Ф. Зориной. М.: Изд-во МГУ, 2006. 324 с.
3. *Казakov Н.А.* Геологические и ландшафтные критерии оценки лавинной и селевой опасности при строительстве линейных сооружений (на примере о. Сахалин): дис. канд. геол.-мин. наук. М., 2000. 216 с. Деп. в ВЦНТИ. https://new-dissert.ru/product_info.php?products_id=907494
4. *Полунин Г.В.* Динамика и прогноз экзогенных процессов. М.: Наука, 1989. 232 с.
5. *Полунин Г.В.* Экзогенные геодинамические процессы гумидной зоны умеренного климата. М.: Наука, 1983. 249 с.
6. *Рыбальченко С.В., Верховов К.В.* Понятие "склоновый сель" и классификация склоновых селевых бассейнов // Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: VI Сахалинская молодежная научная школа, Южно-Сахалинск, 3–8 октября 2016 г.: сб. мат. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2016. С. 300–304.
7. *Рыбальченко С.В.* Селевые процессы на склонах морских террас южного Сахалина // Вестник ДВО РАН. 2013. № 6. С. 52–59.
8. *Рыбальченко С.В.* Селевая опасность территорий населённых пунктов Сахалинской области и необходимость применения схем планировочных ограничений к генпланам населённых пунктов // Геориск. 2013. № 3. С. 33–42.
9. *Рыбальченко С.В., Верховов К.В.* Склоновые селевые бассейны и их морфодинамические особенности // Геориск. № 4. 2017. С. 58–63.

THE SLOPE DEBRIS BASINS ON MARINE TERRACES OF THE SAKHALIN ISLAND AND THEIR DEPENDENCE ON THE LITHOLOGICAL COMPOSITION OF ROCKS

S. V. Rybal'chenko^{a, #} and K. V. Verkhovov^{a, ##}

^aFar East Geological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Science, Sakhalin Department, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

^bMPI Capital construction management, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

[#]E-mail: rybalchenko_sv@mail.ru

^{##}E-mail: konstantin_verhovov@mail.ru

On Sakhalin, a significant portion of settlements and objects of transport infrastructure are located in the coastal zone and are often influenced by the slope geodynamic processes (landslides, debris flows, etc.), which are not taken into account in territorial planning and tracking. At first glance, the relatively resistant rocks are more susceptible to factors of denudation, and the motley composition of the sweet, forming the marine terraces, creates severe engineering geological conditions. The most dangerous geodynamic processes on the slopes of the marine terraces of the Sakhalin island are debris flows, because they are distinguished by suddenness, high speed, throw and a great destructive force, even with small amounts. Geological factors is one of the determinants in debris flow formation; and the lithological composition of the rocks affects the characteristics of debris flows, debris flow catchments, and debris flow process in general. This paper examines the influence of lithological composition on the forms of slope debris flow catchments, and the type of debris flow process. Lithological complexes of rocks are distinguished on the basis of stability of spe-

cies to the factors of denudation. Thus, lithological complexes unite rocks composing a suite of similar genesis and physical properties regardless of their age. The mineralogical composition of the cement and grain-size composition of rocks exerts the greatest effect on the resistance of rocks to denudation factors. Each of the lithological complexes is represented by debris flow-forming rocks of specific composition, which controls the shape features and geomorphological structure of debris flow catchment, debris flow and the process in general. There is a direct correlation: lithologic complex - debris flow process – shape of the debris flow catchments. On the slopes of the marine terraces of Sakhalin it is possible to identify six types of slope debris flow catchments: a potential debris flow origination site, a gully, a landslide funnel, a linear, sinuous and diamond-shaped ravine. Shape of slope debris flow catchments may be complicated by additional elements of erosion landforms; however, form and formula of the main morphometric catchment allows us to determine the shape of the entire debris flow catchments, type of debris flow process and lithological complex.

Key words: *denudation, lithological complex, debris flow, slope debris flow basin, debris flow process*

REFERENCES

1. Vinogradov, Yu. B., Vinogradova, T.A. *Matematicheskoe modelirovanie v gidrologii*. [Mathematical modeling in hydrology], Manual for Higher School Students, Moscow, Akademiya Publ., 2010, 304 p. (in Russian)
2. *Geografiya ovrazhnoi erozii* [The geography of gully erosion]. Zorina, E.F., Ed., Moscow, MGU Publ., 2006, 324 p. (in Russian)
3. Kazakov, N.A. *Geologicheskie i landshafnyye kriterii otsenki lavinnoi i selevoi opasnosti pri stroitel'stve lineinykh sooruzhenii (na primere o. Sakhalin)*. [Geological and landscape criteria of the assessment of avalanche and mudflow hazard in the construction of linear structures (by the example of Sakhalin island). Cand. Sci. Dissertation, Moscow, 2000, 216 p. (in Russian)
4. Polunin, G.V. *Dinamika i prognoz ekzogennykh protsessov*. [Dynamics and prediction of exogenous processes]. Moscow, Nauka Publ., 1989. 232 p. (in Russian)
5. Polunin, G.V. *Ekzogennyye geodinamicheskie protsessy gumidnoi zony umerennogo klimata*. [Exogenous geodynamic processes in humid temperate zone]. Moscow, Nauka Publ., 1983, 249 p. (in Russian)
6. Rybal'chenko, S.V., Verkhovov, K.V. *Ponyatie "sklonovyy sel'" i klassifikatsiya sklonovykh selevykh basseinov*. [The concept of slope debris flow and ranging of slope mudflow basins]. *Prirodnye katastrofy: izuchenie, monitoring, prognoz. VI Sakhalinskaya molodezhnaya nauchnaya shkola, 3–8 oktyabrya 2016 g.* [Natural catastrophes: study, monitoring, and forecast: Proc. VI Sakhalin youth scientific school. October 3–8, 2016]. Yuzhno-Sahalinsk, 2016, pp. 300–304. (in Russian)
7. Rybal'chenko, S.V. *Selevye protsessy na sklonakh morskikh terras yuzhnogo Sakhalina*. [Debris flow processes on slopes of the marine terraces of South Sakhalin]. *Vestnik DVO RAN*, 2013, no. 6, pp. 52–59. (in Russian)
8. Rybal'chenko, S.V. *Selevaya opasnost' territorii naselyonnykh punktov Sakhalinskoj oblasti i neobkhodimost' primeneniya skhem planirovochnykh ogranichenii k generalnam naselyonnykh punktov*. [Mudflow hazard in the territories of settlements of the Sakhalin region and the necessity to use the schemes of planning restrictions to general plans in settlements]. *Georisk*, no. 3, 2013, pp. 33–42. (in Russian)
9. Rybal'chenko, S.V., Verkhovov, K.V. *Skлонovyye selevye basseiny i ikh morfodinamicheskie osobennosti*. [Slope debris flow basins and their morphodynamic features]. *Georisk*. no. 4, 2017. pp. 58–63. (in Russian)