

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

МУЗЫЧЕНКО Леонид Евгеньевич

**ФОРМИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ОПОЛЗНЕЙ И СЕЛЕЙ ПРИ
ОСВОЕНИИ ТЕРРИТОРИИ О. САХАЛИН**

Специальность 25.00.36 – «Геоэкология» (науки о Земле)

**НАУЧНЫЙ ДОКЛАД ОБ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ
НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)**

Научный руководитель

к.г.н. В.А. Лобкина

Южно-Сахалинск – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общая характеристика работы.....	3
Структура научно-квалификационной работы.....	8
Заключение.....	11

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Сахалин является одним из крупнейших островов России. Поверхность острова в значительной степени покрыта массивами средневысотных гор [Атлас..., 1967].

Большая часть территории о. Сахалин регулярно подвергается воздействию селевых и оползневых процессов. От этих стихийных бедствий страдает как население острова, так и объекты хозяйственной инфраструктуры. Из 224-х населенных пунктов острова [Sakhalinstat..., 2021a] с населением 485621 человек, по состоянию на 1 января 2021 г. [Sakhalinstat..., 2021б], селевой опасности подвержены 33. В них проживает подавляющая часть населения Сахалина – более 300 тыс. человек. Оползни угрожают территориям 36 населенных пунктов [Рыбальченко и др., 2013].

Такому широкому распространению селевых и оползневых процессов способствуют физико-географические особенности о. Сахалин: две трети территории имеют сильно расчлененный горный рельеф; геологическое строение острова характеризуется наибольшим развитием пород неогена, палеогена и верхнего мела, преимущественно, малопрочных; большое количество выпадающих осадков, обуславливаемое особенностями муссонного климата острова, обеспечивают значительное увлажнение грунтов [Атлас..., 1967].

Последние десятилетия идет расширение населенных пунктов за счет территорий, менее пригодных для застройки, чем имеющиеся в использовании, а также увеличение масштабов хозяйственной деятельности, что ведет к постоянному усилению антропогенной нагрузки на природные селевые и оползневые комплексы. В результате, растет доля антропогенных селей и оползней, которые зачастую имеют масштабы большие, чем природные. Все это создает опасность для населения и хозяйственной инфраструктуры, что приводит к необходимости непрерывного наблюдения и изучения этих процессов, а также для принятия мер по снижению размеров ущерба от активизации оползней и селей.

Данная работа посвящена изучению особенностей проявления антропогенных селей и оползней на о. Сахалин.

Объект исследования – антропогенные селевые и оползневые комплексы на территории о. Сахалин.

Предмет исследования – негативное воздействие антропогенных селей на территорию о. Сахалин.

Целью работы является исследование проявления антропогенных селей и оползней на о. Сахалин, определение их характеристик, обуславливающих степень влияния на территорию острова и хозяйственную инфраструктуру.

Задачи исследования:

1. Выполнить аналитический обзор изучаемой проблемы: собрать и проанализировать информацию о случаях схода оползней и селей на территории Сахалина.

2. Систематизировать собранную информацию, составить каталог характеристик событий.

3. Получить фактические данные по характеристикам селевых потоков при проведении полевых исследований.

4. Рассчитать характеристики селей по разным методикам для природных селей.

5. С помощью проведения сравнительного анализа установить, какие из методик применимы для расчета параметров антропогенных селей.

Степень разработанности. Существует множество работ, посвященных описанию случаев схода антропогенных селевых потоков и оползней по всему миру, включая Российскую Федерацию и СНГ.

Зарубежными авторами описываются события, произошедшие в различных странах мира, начиная со второй половины 20 века.

Большое количество случаев формирования антропогенных селей и оползней из материала свалок строительного мусора и отвалов грунтов на предприятиях по добыче полезных ископаемых фиксируется в Китае, экономика которого интенсивно развивается, что вызывает постоянное увеличение

антропогенной нагрузки на территории [Su, Miller, 1995; Yang et al., 2015; Yin et al., 2016; Ouyang et al., 2017; Fan et al., 2017].

Крупные селевые потоки образуются при прорыве дамб хвостохранилищ на предприятиях горнодобывающей промышленности. Такие сели наносят колоссальный ущерб территориям и, зачастую, приводят к многочисленным человеческим жертвам. Случаи образования таких селевых потоков описаны в множестве стран мира, таких как Испания [Hudson-Edwards et al., 2003], Венгрия [Turi et al., 2013], Канада [Cooke et al., 2016; Byrne et al., 2018; Hudson-Edwards et al., 2019], Бразилия [Agurto-Detzel et al., 2016; Ferreira et al., 2020; Hatje et al., 2020; Silva Rotta et al., 2020].

Случай формирования разрушительного оползня-потока из материалов отвала угольной шахты, приведшего к уничтожению нескольких зданий и гибели людей описан в Великобритании [Report..., 1967]. Сход крупнейшего оползня невулканического происхождения на территории Северной Америки зафиксирован в США на медном руднике Бингем Каньон [Hibert et al., 2014; Pankow et al., 2014].

Также существует описание ряда случаев образования селевых потоков и оползней на территории СССР и, в дальнейшем, СНГ. Крупные сели формировались в Казахстане при прорыве озер-накопителей сточных вод [Хайдаров, Шевырталов, 1989; Перов, 2012], в Приморском крае Российской Федерации, когда была прорвана дамба золоотвала Партизанской ГРЭС [Robinson, 2004], в Кабардино-Балкарии в районе г. Тырныауз на отвалах горно-обогатительного комбината [Хаджиев, 2005; Перов, 2012], в Магаданской области при прорыве дамбы хвостохранилища Карамкенского горно-металлургического комбината [Глотов и др., 2010], в Кемеровской области при прорыве дамбы Абагурского хвостохранилища [Калашник, Калашник, 2013].

В Кемеровской области также нередки случаи формирования крупных оползней-потоков на территориях угледобывающих предприятий Кузбасса [Васильева, 2019].

В Кыргызстане был отмечен сход оползня-потока на территории высокогорного золотодобывающего рудника Кумтор [Torgoev, Toguzbaev, 2021].

Активизация антропогенных селей и оползней произошла после начала строительства олимпийских объектов в районе Красной Поляны [Казаков и др., 2013; Сократов и др., 2013; Казаков, 2014; Казаков, 2015; Шварев и др., 2020].

В ряде работ описаны антропогенные селевые и оползневые проявления на о. Сахалин [Казаков, Генсиоровский, 2008б; Генсиоровский, Казаков, 2009б; Музыченко и др., 2015; Рыбальченко, 2017; Музыченко, Казакова, 2020].

В данных работах описываются отдельные случаи схода антропогенных селей и оползней, но не содержится полной информации по всем известным случаям проявления селевой и оползневой деятельности на о. Сахалин.

Таким образом, требуется дальнейшее изучение антропогенных селей и оползней на территории острова.

Научная новизна: Создана база данных по случаям схода антропогенных селей и оползней на о. Сахалин за последние 20 лет. Впервые на о. Сахалин произведены полевые наблюдения схода ряда антропогенных селевых потоков малого масштаба с измерением их динамических параметров. Выполнен расчет скорости и давления на препятствие антропогенных селей малого масштаба по различным методикам. Установлены методики расчета скорости селей, дающих значения наиболее близкие к полученным в ходе полевых наблюдений схода антропогенных селей.

Теоретическая и практическая ценность работы. Работа выполнялась в соответствии с научными темами и планами работ СФ ДВГИ ДВО РАН. Результаты исследования признаны как научное достижение, полученное в рамках государственного задания на проведение фундаментальных исследований СФ ДВГИ ДВО РАН.

Результаты исследования могут быть использованы для развития методов определения динамических характеристик антропогенных селевых потоков, что может найти применение в разработке мер инженерной защиты природных и техногенных объектов от воздействия селей.

Методология и методы исследования. Сбор данных по случаям формирования антропогенных селей и оползней на о. Сахалин, а также их характеристикам осуществлялся с использованием камеральных и полевых методов. Расчет динамических характеристик селевых потоков производился по различным зарубежным и отечественным методикам.

Достоверность результатов обеспечивается стандартными методиками расчета параметров селей; объемом данных по характеристикам селевых потоков, полученным при наблюдениях в ходе полевых исследований.

Апробация работы. Результаты по теме ВКР докладывались и обсуждались на семинарах СФ ДВГИ ДВО РАН, а также на следующих научных мероприятиях:

III Всероссийская научная конференция с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы» (Южно-Сахалинск, 2019 г.); Международная научная конференция памяти выдающегося русского гидролога Ю.Б. Виноградова "Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология: от познания к мировоззрению" (Санкт-Петербург, 2020 г.); 6-я международная конференция "Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита" (Таджикистан, Душанбе - Хорог, 2020 г.).

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы, в том числе на иностранном языке. Работа изложена на 127 страницах машинописного текста и включает 56 рисунков и 6 таблиц.

Структура научно-квалификационной работы

Научно-квалификационная работа состоит из четырех глав.

В первой главе приводится определение антропогенных селевых потоков. Рассматривается общая генетическая классификация селей по Перову В.Ф. Также дается представление о распространении по миру таких опасных геодинамических процессов, как сели, оползни и оползни-потоки антропогенного характера, о масштабах наносимого ими ущерба природе и человеку.

Во второй главе рассматриваются условия формирования природных и антропогенных селей и оползней: геологические, геоморфологические, климатические, антропогенные, а также влияние растительного покрова на процессы формирования вышеуказанных геодинамических процессов. Анализ условий формирования антропогенных селей и оползней позволяет прийти к выводу, что их образованию способствуют:

– Широкое распространение слабосцементированных пород неогена (алевролитов, аргиллитов, песчаников), характерное для геологического строения территории о. Сахалин, обеспечивающее большое количество твердообломочного материала в селевых и оползневых комплексах.

– Преобладание горного рельефа на большей части острова, большие уклоны горных склонов (до $35-45^\circ$), при глубине расчленения рельефа 200–1000 м.

– Особенности климата о. Сахалин, обуславливающие выпадение большого количества осадков, что приводит к значительному увлажнению грунтов во время выпадения жидких осадков и таяния накопленных за холодный период твердых. При этом, с одной стороны, большое количество влаги способствует разрушению горных пород и накоплению твердой составляющей селей и оползней, с другой стороны, обводнение потенциальных селевых и оползневых массивов подготавливает их к переходу в неравновесное состояние и, в итоге, является триггером схода селевых потоков или оползней.

– Растительный покров, выполняющий две противоположные функции: с одной стороны, растения распределяют сток и укрепляют склоны корневыми системами; с другой стороны, растительность принимает участие в выветривании пород, что при нарушениях растительного покрова ускоряет развитие селевых и оползневых процессов.

– Антропогенное воздействие на территорию острова, посредством расширения застройки, строительства линейных объектов, добычи полезных ископаемых, сведению растительного покрова и т.д., приводящее к увеличению повторяемости схода селей и оползней, а также к увеличению их объемов ввиду более быстрого накопления твердого материала, по сравнению с естественным процессом.

В третьей главе приводится описание случаев схода на территории о. Сахалин антропогенных селевых потоков и оползней за последние 20 лет. Даются характеристики данных селей и оползней. Указывается, что такие явления антропогенного происхождения фиксируются на территориях Холмского, Невельского, Анивского, Корсаковского, Долинского, Макаровского, Тымовского районов, Южно-Сахалинского городского округа. Делается акцент на том, что сход таких селевых потоков и оползней приурочен к территориям населенных пунктов, линейным объектам, предприятиям по добыче полезных ископаемых. В качестве примеров наиболее крупномасштабных событий, выделяются сели и оползни-потоки, образовавшиеся из материалов отвалов вскрышной породы карьеров по добыче строительного камня и каменного угля. Установлено, что к активизации антропогенных селевых и оползневых процессов приводит переувлажнение грунтов в весенне-летний период при интенсивном снеготаянии и выпадении большого количества жидких осадков, а также в летне-осенний период, когда о. Сахалин находится в зоне влияния тропических циклонов и тайфунов, несущих большое количество осадков.

В четвертой главе производится обзор отечественных и зарубежных методик расчета основных динамических характеристик селевых потоков: скорость движения и давление потока на препятствие.

Расчет скоростей селевых потоков дал результаты, значительно отличающиеся друг от друга, а также от реально измеренных во время полевых исследований скоростей движения селей.

Наиболее высокие и, при этом, близкие между собой значения скоростей дали расчеты по формулам Кханна и Тъери. Скорости, определенные по формуле из учебного пособия для МЧС, несколько ниже. Минимальные скорости были получены с помощью формулы, предложенной в ВСН 3–76 для ламинарных потоков. Формулы Херхеулидзе и Голубцова для связных и несвязных селей дали сходные между собой результаты. Величины скоростей, наиболее близкие к измеренным при наблюдениях значениям, были получены с использованием формулы Голубцова для несвязных потоков, однако, даже в этом случае, значения различались в 1,5–11,4 раз.

Данные расчеты позволили сделать вывод, что имеющиеся формулы для определения скорости движения селевых потоков неприменимы для антропогенных селей малых масштабов.

Максимальные значения давления селей на препятствие дали расчеты по формулам Ржевского и Нечаева для потоков, наблюдаемых 17 мая, 13 и 29 октября 2020 г., а также Лихтенхана и Арманини для потоков, зафиксированных 24 октября того же года. Наивысшее значение давления, равное 0,024 МПа, было получено по формуле Ржевского и Нечаева для одного из потоков, наблюдаемых 29 октября 2020 г. Минимальные значения давления селей на препятствие дал расчет по формуле, приведенной в ОДМ 218.2.052-2015. Наименьшее значение давления селя составило 0,0002 МПа. Наиболее близкие значения давления селей были получены по формулам Херхеулидзе, ГрузНИИГиМ и по формуле в общем виде, основанной на гидродинамической модели. Значения, рассчитанные по данным формулам, находятся в пределах от 0,0001 до 0,0028 МПа. С помощью формул Хюбля и Хольцинера, а также Гонора и Пик-Пичака были получены значения средней величины, в диапазоне 0,0009–0,011 МПа.

Рассчитанные по различным формулам значения давления селей на препятствие (для селей с северного отвала карьера Лиственничный) были сравнены с параметрами селя из материала горных выработок, сошедшего в Китае в августе 2013 г. в районе Tieshanzhang, когда скорость потока составила 2,85 м/с, плотность селевой массы – 1610 кг/м³ и давление на препятствие – 0,0164 МПа [Fan et al., 2017]. В итоге был сделан вывод, что давление на препятствие селя, сошедшего в Китае, сопоставимо со значениями давления, рассчитанными для селей с отвала карьера Лиственничный, находящимися в середине диапазона полученных величин.

Заключение

1. Собрана и проанализирована информация о случаях формирования антропогенных селей и оползней на территории о. Сахалин за период с 2004 по 2021 г.
2. Составлен каталог с описанием случаев образования 20 селевых потоков, 13 оползней и 7 оползней-потоков антропогенного происхождения. Приводятся основные характеристики данных событий.
3. Получены фактические данные по характеристикам 6 селевых потоков малых масштабов на северном отвале карьера Лиственничный при проведении полевых наблюдений в течение 2020 г.
4. Произведен расчет основных динамических характеристик селевых потоков (скорость движения потока, давление потока на препятствие), которые наблюдались в ходе полевых исследований, по различным отечественным и зарубежным методикам.
5. Проведен сравнительный анализ расчетных характеристик селей с данными, полученными при полевых наблюдениях. Сделан вывод о применимости различных методик расчета скорости движения и давления селей на препятствие для расчета данных характеристик для антропогенных потоков малого масштаба.