

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 7th International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



Edited by
S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC
Moscow
2024

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева

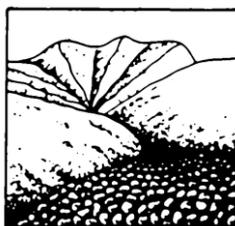
ООО «Геомаркетинг»
Москва
2024

泥石流： 灾害、风险、预测、防治

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

S.S. Chernomorets, K. Hu, K. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). – Ed. by S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC. 622 p.

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024. 622 с.

泥石流：灾害、风险、预测、防治。 會議記錄 第七届国际会议. 中国成都。 編輯者 S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – 莫斯科: Geomarketing LLC. 622 p.

ISBN 978-5-6050369-6-8

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), К. Ху (Институт горных опасностей и окружающей среды Китайской академии наук), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (Lomonosov Moscow State University), K. Hu (Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS), K.S. Viskhadzhieva (Lomonosov Moscow State University).

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).

Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



Особенности формирования селеопасных районов в переходных зонах «материк – океан» на примере о. Сахалин

С.В. Рыбальченко

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия, rybalchenko_sv@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрено положение острова Сахалин в современной зоне перехода между Азиатским материком и Тихим океаном, включающую вулканогенные пояса, окраинные моря и островные дуги. Именно благодаря истории развития островного поднятия Сахалина, как части переходной зоны от материка к океану, активно проявляются экзогенные геодинамические процессы, в том числе селевые. Определены пространственно-временные условия селеформирования, которые обусловлены не только географическим положением территории, но и ее геопроизраственным положением на поверхности Земли с учетом современных и прошлых эндогенных и экзогенных процессов, воздействующих на указанную территорию.

Ключевые слова: *селевой поток, переходная зона, селевой режим, селевая опасность, Сахалин*

Ссылка для цитирования: Рыбальченко С.В. Особенности формирования селеопасных районов в переходных зонах «материк – океан» на примере о. Сахалин. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 408–417.

Features of the formation of debris flow-prone areas in the transition zones “mainland – ocean” (a case of the of Sakhalin Island)

S.V. Rybalchenko

Special Research Bureau for Automation of Marine Researchers FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, rybalchenko_sv@mail.ru

Abstract. In this paper, the position of Sakhalin Island in the modern transition zone between the Asian mainland and the Pacific Ocean, including volcanic belts, marginal seas and island arcs, is considered. It is thanks to the history of the development of the Sakhalin Island uplift, as part of the transition zone from the mainland to the ocean, exogenous geodynamic processes, including debris flows, are actively manifested. The spatial and temporal conditions of debris flow forming are determined, which are determined not only by the geographical location of the territory, but also by its geospatial position on the Earth's surface, taking into account modern and past endogenous and exogenous processes affecting the specified territory.

Key words: *debris flow, transition zone, debris flow regime, debris flow hazard, Sakhalin*

Cite this article: Rybalchenko S.V. Features of the formation of debris flow-prone areas in the transition zones “mainland – ocean” (a case of the of Sakhalin Island). In: Chernomorets S.S., Hu K., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 408–417.



Введение и постановка задачи

Большой научный интерес представляет изучение зон сочленения континентов с океанами, в пределах которых происходят сложные геодинамические процессы, обусловленные взаимодействием этих крупнейших структур земной коры. В данной работе рассмотрено положение острова Сахалин в современной зоне перехода между Азиатским материком и Тихим океаном, включающую вулканогенные пояса, окраинные моря и островные дуги. Именно благодаря истории развития островного поднятия Сахалина, как части переходной зоны от материка к океану, активно проявляются экзогенные геодинамические процессы, в том числе селевые.

Территория о. Сахалин обладает значительной селеопасностью, что обусловлено высокой площадной пораженностью территории селевыми процессами, частотой селеформирования, высокими потенциальными ущербами и рисками.

Вещественный состав, структурно-реологический тип и механизм формирования селей на территории Сахалина различны. Помимо связанных грязевых и грязекаменных селей, приуроченных преимущественно к бассейнам горных рек и участкам рассредоточенного формирования склоновых селей на горных склонах и склонах террас, в речных долинах отмечается формирование наносоводных потоков и селевых паводков. Кроме селевых процессов, широко распространены генетически близкие селям склоновые экзогенные процессы: оползни-потоки и др.

Для развития селевых процессов необходим комплекс природных условий и компонентов, формирующих специфическую, открытую геосистему селевого бассейна, в пределах которой происходит активный обмен компонентов геосистемы путем обмена веществом и энергией. Основным энергетическим источником данной геосистемы является потенциальная энергия рельефа территории, основным вещественным источником являются потенциальные селевые массивы в очагах твердого питания, сложенные выветрелыми рыхлообломочными нестойкими горными породами. Для формирования селевых потоков также необходим жидкий агент переноса твердого вещества, наличие которого обусловлено циркуляцией атмосферы и гидросферы. Стоит отметить, что аналогичные природные условия необходимы и для развития иных склоновых экзогенных процессов (оползней, осыпей и др.), в связи с чем, в пределах геосистемы селевого бассейна, как правило, склоновые экзогенные процессы протекают совместно, чем обусловлена их генетическая связь.

В пределах геосистемы селевого бассейна происходит трансформация потенциальной энергии рельефа в кинетическую энергию геодинамических процессов, в том числе селей, под воздействием гравитационных сил и жидкого агента переноса.

Таким образом, среди основных формирующих компонентов геосистемы селевого бассейна стоит выделить рельеф территории, геологическую среду и жидкий агент переноса.

Именно в связи с наличием данных природных компонентов на территории о. Сахалин формируется множество подобных комплексов селеформирования, которые зачастую сливаются в обширные селеопасные районы, обуславливая высокую селевую опасность территории. Наличие природных компонентов селеформирования на территории о. Сахалин имеет широкое распространение и носит неспорадический характер, следовательно, закономерность их существования предопределена. Помимо территории о. Сахалин селеформированию подвержены множество районов тихоокеанского побережья со схожими природно-территориальными условиями.

Целью данного исследования является определение причин возникновения комплексов селеформирования на территории о. Сахалин и схожих территориях.

Задачами данной работы является определение пространственно-временных условий селеформирования, которые обусловлены не только географическим положением территории, но и ее геопропространственным положением на поверхности Земли с учетом современных и прошлых эндогенных и экзогенных процессов, воздействующих на указанную территорию.



Материалы и методы исследования

Материал, положенный в основу работы, был собран автором при полевых исследованиях в различных районах о-ва Сахалин и Курильских о-вов в период с 2007 по 2022 гг. Обобщение многочисленных литературных данных и материалов геологических съемок по районам, в которых автору не удалось побывать, позволило в совокупности с оригинальным материалом воссоздать общую картину геологического строения и тектонической истории острова. Работы проводились в рамках научной деятельности, научно-технического сопровождения инженерных изысканий в части опасных экзогенных процессов. В ходе работ были выполнены наблюдения за селевыми процессами, а также другими склоновыми экзогенными процессами. Обработан большой массив инженерно-геологических и метеорологических данных, морфометрических и морфологических характеристик селевых бассейнов.

Селевой режим на реках о. Сахалин

Селевой режим о. Сахалин, в первую очередь, определяется геологическими и геоморфологическими факторами селеобразования, гидрометеорологические факторы выполняют второстепенную роль и, как правило, служат лишь спусковым механизмом для активизации селевых процессов [Казаков, 2008]. В связи с особенностями осадконакопления селевые бассейны характеризуются циклическим селеформированием, что обусловлено необходимостью предварительной подготовки материала селевого бассейна при активном выветривании горных пород.

При выпадении обильных осадков могут отмечаться как единичные, так и массовые случаи селеформирования в зависимости от степени предварительного выветривания и обводнения потенциальных селевых массивов в пределах селевых бассейнов. Частота селеформирования в среднем составляет 1 раз в 3–5 лет для небольших селевых бассейнов (врезов, долин ручьев), для крупных селевых бассейнов 1 раз в 5–10 лет (для малых рек) [Казаков, 2008, Генсиоровский, 2008, Рыбальченко, 2013]. В отдельных молодых и активно растущих селевых бассейнах сели могут отмечаться ежегодно, также возможно формирование нескольких селей в течение года во время весенних и летне-осенних пиков активизации геодинамических процессов.

Для районов селеформирования приуроченных к морским террасам средние объемы селей составляют 1–5 тыс. м³, в отдельных случаях могут достигать первых десятков тысяч кубических метров. Для горных районов объемы селей составляют десятки тысяч кубических метров, отдельные крупные горные реки способны выносить селевые потоки объемом сотни тысяч кубических метров, до 500 тыс. м³ и более [Казаков, 2008]. Несмотря на высокую интенсивность селевых процессов и потенциальную селевую опасность катастрофические сели на территории о. Сахалин формируются крайне редко. В целом большая часть территории о. Сахалин характеризуется наличием природных условий благоприятных для активного развития опасных экзогенных процессов, в том числе селей.

Рельеф селеопасных районов Сахалина

Рельеф территории является энергетическим источником геодинамических процессов, в том числе селей. Стоит отметить, что формирование селей возможно даже при относительно небольших уклонах местности. Так сели оползневого зарождения при развитии сдвигового селевого процесса при соответствующих инженерно-геологических и гидрогеологических условиях могут образовываться уже при уклонах местности свыше 15°–20°. В данном случае сели проходят соответствующие стадии развития сдвигового селевого процесса, начиная со стадии потери устойчивости потенциального селевого массива, начала его движения в виде оползневого тела, последующей трансформации в оползень-поток и преобразование в связанный структурированный селевой поток.



При развитии эрозионно-сдвигового селевого процесса формирование селей происходит при уклонах 10° – 15° , в результате превышения жидким агентом переноса не размывающих скоростей: 0,2–1 м/с для тонкодисперсных грунтов (глина, суглинки, супесь, песок), 1–3 м/с для грубодисперсных грунтов (дресва, щебень, мелкий валун).

Формирование несвязанных наносоводных потоков происходит при развитии эрозионно-транспортного селевого процесса в руслах и тальвегах при уклонах 5° и менее. Определяющую роль в данном типе селевого процесса также имеет скорость движения жидкого агента переноса, которая напрямую влияет на скорость вовлечения и объемную концентрацию твердой фазы в наносоводном потоке.

В связи с относительно невысокими пороговыми значениями уклонов местности для развития селевых процессов, сели распространены повсеместно и встречаются, в том числе и на равнинных территориях, преимущественно спорадически. Однако интенсивность проявления селевых процессов и динамические характеристики селевых потоков напрямую связаны с относительными уклонами селевых бассейнов и селевых русел, в связи с чем, наиболее подвержены селеформированию именно горные районы, а также иные территории с высокой энергией рельефа, обусловленной значительными уклонами и относительными превышениями рельефа.

Для территории селеопасных районов о. Сахалин характерны ландшафты с относительно высокой энергией рельефа, что обуславливает активное развитие геодинамических процессов: оползней, осыпей, селей и т.д.

Современный рельеф Сахалина сформирован преимущественно третичным орогенезом, молодыми четвертичными движениями и типичен для двойных островодужных систем, в том числе Сахалино-Японской островной дуги. В геоморфологическом отношении территорию острова можно разделить на северную равнинную область, горную область южного и среднего Сахалина и юго-восточную область со сложной структурой рельефа.

Наиболее крупные орографические элементы о. Сахалин совпадают с геотектоническими структурами. Складчатые структуры разбиты сбросами продольного, поперечного и диагонального простираний, ими обусловлены конфигурация острова, прямолинейность береговой линии, а также направление основных орографических элементов.

Наиболее селеопасные районы острова приурочены к горным районам Среднего и Южного Сахалина, в связи с высокой энергией рельефа, глубиной и частотой его расчленения. Основными орографическими единицами данной области, обуславливающими ее макрорельеф, являются субмеридиональные горные сооружения Западно- и Восточно-Сахалинских гор, протянувшиеся вдоль западного и восточного побережья соответственно (рис. 1). Орогенез данных горных систем приурочен к Мезокайнозойской тектоно-магматической эпохе Альпийской складчатости, хотя в пределах эпохи данные альпиды формировались в различные фазы тектоногенеза и зачастую наследовали реликты рельефа [Александров, 1973].



Рис. 1. Западно-Сахалинские горы. Хребет Жданко. Селевые бассейны



Селеопасными также являются протяженные участки побережья, представленные древними морскими аккумулятивными и цокольными террасами, сформированными под воздействием циклической трансгрессии и регрессии уровня Мирового океана (рис. 2). На данных прибрежных территориях активно развиты процессы рассредоточенного селеформирования склоновых селей.

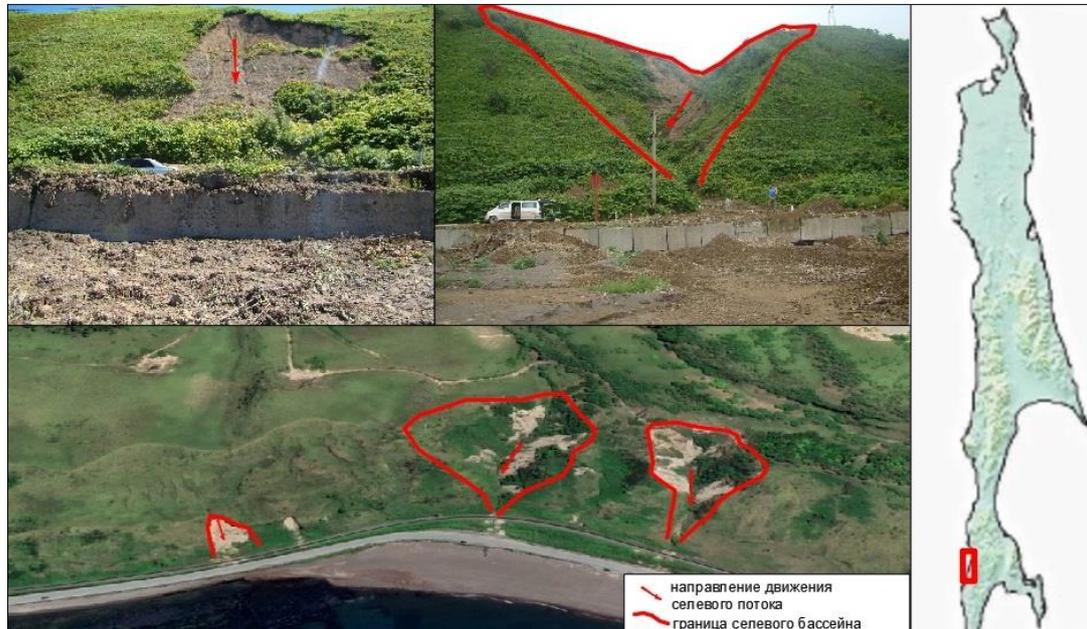


Рис. 2. Морская абразионная терраса на участке г. Невельск – п. Шебунино. Селевые очаги

Помимо макрорельефа территории, сформированного эндогенными процессами (тектоногенезом, орогенезом и др.), геоморфологические условия селеформирования обусловлены и мезорельефом территории, формирование которого, прежде всего, связано с активным развитием экзогенных процессов на территории острова, которые имеют широкое распространение и активно формируют эрозионно-денудационные формы мезорельефа (врезы, долины, оползневые цирки, овраги и т.д.), являющиеся селевыми бассейнами. Территория Сахалина занимает первое место на территории РФ по среднему относительному понижению рельефа территории (0,4 см/год согласно Г.В. Полунину), а также второе место по густоте речной сети (1,22 км/км² при средней густоте речной сети по России – 0,49 км/км²), что свидетельствует об активном развитии экзогенных процессов гравитационного, водно-гравитационного и флювиального характера на данной территории.

Стоит отметить, что селевые процессы активно развиваются не только в горных районах острова и на уступах морских террас, но и на участках обширных слабонаклоненных предгорных долин, примыкающих к макросклонам горных сооружений. Сильно расчлененные горные сооружения острова, образуют множество V-образных долин водотоков первых порядков и врезов, которые при выходе в долинную часть (предгорные долины и педилены) сохраняют свою селеопасность.

Значительная часть большинства притоков крупнейших рек Сахалина (Тынь, Поронай, Сусуя), занимающих крупные седиментационные бассейны на территории острова, протекает в горной местности. Значительные уклоны в верховьях рек способствуют активному развитию склоновых экзогенных процессов (оползней, селей, осыпей и др.) в бортах долин, обеспечивающих поступление из очагов твердого питания рыхлообломочных горных пород в русла и тальвеги, и последующий вынос их в долинную часть рек во время паводков и формирования наносоводных потоков. На участках предгорных долин в реках также отмечается формирование наносоводных потоков и селевых паводков при выходе крупных консистентных грязевых и



грязекаменных селей из горной части, их последующем движении по руслу и осветлению.

Значительные уклоны водосборных бассейнов и русел (средневзвешенный уклон русла – 40–60‰; максимальный уклон – более 100‰, уклоны водосборов малых рек могут достигать 500 ‰) в период паводков обеспечивают минимальное время добегания и резкое увеличение скоростей и расходов при залповых выбросах, что особенно часто проявляется в период летних циклонов. Речной поток превышает неразмывающие скорости русловых и пойменных аллювиальных отложений, что приводит к перемещению значительного объема влекомых наносов, увеличению глубинной и боковой эрозии русла, абразии берегов влекомыми наносами. Прогрессирующее увеличение концентрации твердой фазы в потоке приводит к развитию эрозионно-транспортного селевого процесса, срыву аллювиальной отмостки русла и формированию несвязанных наносоводных потоков.

Геологическая среда селеопасных районов Сахалина

Геологическая среда зачастую является определяющим фактором для формирования селей. Многолетние наблюдения показывают, что возникновению селя при развитии сдвигового и эрозионно-сдвигового селевого процесса, зачастую, предшествует период длительной подготовки рыхлообломочного материала в селевых очагах. Потенциальные селевые массивы на территории Сахалина формируются преимущественно под воздействием сил физического выветривания. Как правило, мощность потенциального селевого массива соответствует глубине деятельного слоя сезонного замерзания-оттаивания и составляет 1,5–2 м. Таким образом, обеспеченность расхода селевого потока далеко не всегда соответствует обеспеченности расхода сформировавшего его водного потока. Данная закономерность превышения селевого расхода над расходом сформировавшего его паводка наблюдается и в других селеопасных районах тихоокеанского побережья, а также в континентальных горных районах.

Геологическая среда на территории о. Сахалин благоприятна для развития экзогенных процессов, в том числе селей. Потенциальные селевые массивы формируются преимущественно в неогеновых отложениях различного генезиса (пролювиальных, аллювиальных, коллювиальных, делювиальных), представленных раздельнозернистыми и слабо литифицированными горными породами (глинами, супесями, суглинками, алевролитами, аргиллитами и др.), а также в четвертичных и третичных отложениях аналогичного литологического состава. Данные горные породы характеризуется низкими физико-механическими свойствами и малой стойкостью к выветриванию, что приводит к их активному вовлечению в экзогенные процессы, в том числе селевые.

В геологическом отношении Сахалин сложен преимущественно третичными (реже мелового возраста) осадочными горными породами и в меньшей степени изверженными породами, на палеозойском складчатом фундаменте.

Палеозойские отложения состоят из стойких кристаллических и метаморфических сланцев нижнепалеозойского возраста, прорванных гранитами и порфиритами, кварцитами, туфогенными песчаниками и мраморовидными известняками карбона. Фундамент представлен субконтинентальной корой уменьшенной толщины, что характерно для зон субдукции, в которых происходит стесывание нижней части континентальной коры при погружении океанической плиты под континентальную.

Меловые отложения имеют мезо-кайнозойскую складчатую структуру, образованы хорошо литифицированными стойкими осадочными породами – конгломератами, песчаниками, углистыми сланцами.

Третичные отложения широко развиты и достигают мощности 7–9 км. Они состоят из пресноводных прибрежных и морских осадков. Третичные породы также прорваны интрузиями диоритов, сиенитов и дайками базальтов и андезитов. Особенностью третичных отложений на территории Сахалина является их циклический характер



отложения регрессивных и трансгрессивных свит морских и континентальных осадков, ритмично прослеживающийся на больших площадях. Подавляющая часть этих осадочных пород отлагалась или накапливалась на дне глубоководных морей и океанов, причем наиболее древние из этих пород отлагались на дне глубоководного океана, аналогичного современному Тихому океану. В более позднее время глубоководные океанические условия осадконакопления на месте Сахалина постепенно сменились более мелководными морскими, а затем прибрежно-морскими и даже пресноводно-континентальными угленосными.

Начиная примерно 60 млн лет назад, накапливавшиеся на территории современного Сахалина горные породы, формировались в периодически неоднократно сменявшихся морских сравнительно глубоководных условиях мелководными прибрежно-морскими и даже пресноводно-континентальными (угленосными) условиями осадконакопления.

Наиболее полно разрез третичных отложений представлен на западном побережье острова вблизи задугового бассейна, поскольку здесь фаза размыва, сменяющая фазу осадконакопления, протекала менее интенсивно. Наиболее подвержены развитию экзогенных процессов слабо литифицированные относительно молодые трансгрессивные свиты: мураямская (плиоцен) и холмская (миоцен), характеризующиеся морским мелководным характером накопления осадков. Данные свиты широко представлены в наиболее селеопасных районах территории о. Сахалин: Макаровском, Холмском и Невельском районах, и сложены горными породами, вмещающими наиболее активные селевые бассейны острова.

Следы морской деятельности отчетливо сохранились в морфологии и в геологии основных седиментационных бассейнов: они сложены морскими галечниками и песками, с прослойками глин, перекрытыми регрессивными толщами аллювиально-пролювиальных отложений. Во время паводков русловой и пойменной аллювий в пределах седиментационных бассейнов является основным источником твердого питания крупных наносоводных потоков, формирующихся при развитии эрозионно-транспортного селевого процесса.

Гидрологический и гидрогеологический режим селеопасных районов Сахалина

По своему агрегатному состоянию селевая масса является полиминеральной полидисперсной суспензией, состоящей из твердой фазы и жидкой среды. Таким образом, жидкий агент переноса является неотъемлемым компонентом геосистемы селевого бассейна, в связи с чем, селевые процессы относятся к экзогенным процессам водно-гравитационного или флювиального характера.

В пределах потенциальных селевых массивов, являющихся очагами твердого питания селей, при обводнении происходит значительное снижение физико-механических характеристик грунтов и как следствие потеря их устойчивости. Так, по мнению Ю.Б. Виноградова формирование селей при развитии сдвигового селевого процесса происходит при полном затоплении грунтов потенциального селевого массива, взвешивании их под действием силы Архимеда, последующем разуплотнении при гидростатическом взвешивании и потери сцепления частицами грунта ($C=0$) [Виноградов, 1976]. Iverson R.M. считает, что формирование селей происходит вследствие скачкообразного увеличения порового давления воды в грунтовом массиве, в том случае, когда поры полностью заполнены водой, а поступающая с водосборной площади в потенциальный селевой массив вода за счет не сжимаемости жидкости, заключенной в порах, приводит к резкому увеличению порового давления и разуплотнению грунтового массива [Iverson, 1997]. В данных случаях при развитии сдвигового селевого процесса, формируемые связанные грязевые и грязекаменные сели относятся к экзогенным процессам водно-гравитационного характера.

При развитии эрозионно-сдвигового и эрозионно-транспортного селевого процесса, формируемые связанные и несвязанные сели относятся к экзогенным процессам флювиального характера. Механизм превышения набегающего водного



потока неразмывающих скоростей впервые подробно описан в работах В.И. Тевзадзе [Натишвили, 2007]. В работах самого автора рассмотрено движение твердой фазы в селевом потоке, в том числе механизм вовлечения частиц в поток, их перемещения, многократного взвешивания и осаждения, а также контактные взаимодействия частиц в самом потоке.

Гидрометеорологические факторы обусловлены геопрограмственным окраинным положением о. Сахалин, расположенным в непосредственной близости от траектории движения тропических циклонов. В течение года над Сахалином проходит около 100 циклонов, вызывающих усиление ветра, пасмурную с осадками погоду, а в конце лета и начале осени наблюдаются выходы глубоких тропических циклонов (тайфунов), зарождающихся вблизи экватора.

Так, например, при прохождении тайфуна в сентябре 1947 г. в г. Долинск за сутки выпало 222 мм осадков при месячной норме 120 мм, в г. Южно-Сахалинск – 107 мм при месячной норме 106. Во время тайфунов «Оджин» и «Филлис» сумма осадков за период с 1 по 7 августа 1981 г. в г. Макаров составила 215 мм при месячной норме 99 мм, в Южно-Сахалинске – 220 мм, за этот же период в горной местности в пределах Сусунайского хребта на абсолютных отметках 400–500 м была зафиксирована сумма выпавших осадков 800–1200 мм [Казаков, 2008].

Годовые суммы осадков в днищах долин и на морском побережье о. Сахалин изменяются от 400–500 мм на севере до 800–1200 мм на юге (согласно данным справочника «Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18 Дальний Восток»). В теплый период выпадает 65–80% годовой суммы осадков.

Геопрограмственное положение о. Сахалина

В геопрограмственном отношении территория о. Сахалин относится к Тихоокеанскому подвижному поясу, являющемуся переходной зоной от континента к океану, в пределах которой активно протекает конвергентное взаимодействие литосферных плит (океанической и континентальной) в виде субдукции – поддвига океанской коры под континентальную, ее погружение и плавление в мантии. Для данных зон характерен орогенез с формированием складчатых структур горных сооружений альпийского типа (альпидов) и прогибов, активно заполняющихся толщами терригенных отложений, а также развитая система глубоководных желобов, осложненных грабенами. Помимо складчатых структур в зонах активного магматизма происходит блоковая дислокация горных пород и формирование интрузивов, в том числе в виде протяженных островных дуг.

Зоны субдукции Тихоокеанского подвижного пояса обладают специфичным и закономерным проявлением процессов седиментации, магматизма, метаморфизма и тектонических деформаций, которые обуславливают проявление структурной, петрологической и металлогенической зональности.

Сахалин относится к западной части северо-западного сегмента Тихоокеанского подвижного пояса, и расположен в пределах Хоккайдско-Сахалинской геосинклинально-складчатой системы, которая отличается своей кайнозойской историей развития с преобладанием процессов осадконакопления и редким, локализованным магматизмом. К примеру, в отличие от западной части северо-западного сегмента его восточная часть – Курило-Камчатская геосинклинально-островодужная система характеризуется кайнозойскими блоковыми дислокациями и активным магматизмом, что существенно повлияло на различие структурно-вещественных комплексов горных пород восточной и западной частей данного сегмента Тихоокеанского подвижного пояса.

Формирование современного макрорельефа территории о. Сахалин, его террейна и геологической среды происходило в период активных неотектонических движений. «Отделение» острова Сахалин от материка в географическом плане произошло при формировании задугового бассейна Татарского пролива, который активно раскрывался вместе с образованием центральной котловины Японского моря в период эоцен-



плейстоцена (50–1,8 млн л.н.), что сопровождалось обильным накоплением терригенных толщ в осадочных бассейнах. В четвертичный период около 1,8 млн л. н. произошла инверсия, связанная со сменой северо-восточного направления регионального сжатия тектонических плит по направлению со стороны континента на широтное, что в значительной мере повлияло на рельеф территории острова и привело к формированию горных сооружений перекрытых мощными толщами легкоразмываемых терригенных пород.

Выводы

В пределах переходных зон «материк-океан» в связи с особенностями геопро странственного положения, обуславливающим активный теплоперенос в гидросфере, атмосфере, литосфере и астеносфере, формируется специфический комплекс природных условий селеформирования.

Обширные селеопасные районы зачастую представлены множеством соседствующих или перекрывающих друг друга селевых бассейнов различных классов и стадии развития от элементарных склоновых селевых бассейнов в виде промоин и селевых рытвин на склонах, до крупных долинных селевых бассейнов, заложенных в горных врезках и долинах селеносных рек. Вне зависимости от размера и стадии развития селевой бассейн является открытой геосистемой, среди компонентов которой можно выделить рельеф в качестве основной энергетической составляющей, геологическую и гидрологическую среду как основной вещественный источник, а также агент переноса вещества и силового импульса.

На территории Сахалина, а также на схожих территориях Тихоокеанского подвижного пояса, именно благодаря геопро странственному положению в переходной зоне «материк-океан» специфический комплекс пространственно-временных природных условий формирует компоненты геосистем селевых бассейнов.

Геопро странственным положением Сахалина обусловлена высокая энергия мезорельефа территории (наличие горных сооружений, относительно высоких склонов морских и речных террас, долин, оврагов, врезок и др.), большая мощность и специфический состав слабо литифицированных горных пород в результате их циклического осадконакопления в условиях переменного уровня Мирового океана, развитая гидрологическая сеть, высокая водность и общая увлажненность территории, а также сложные гидрогеологические условия в связи с крайним положением региона его преобладающим муссонным климатом с высокой циклонической активностью.

Благодарности

Представленные результаты получены при финансовой поддержке государственного задания FWWW-2022-0001.

Список литературы

- Александров С.М. Остров Сахалин. Москва: Наука. 1973. 182 с.
Виноградов, Ю. Б. Эрозионно-сдвиговой селевой процесс. // Селевые потоки. 1976. Сборник 1. С. 114–121.
Виноградов, Ю. Б. Сдвиговой селевой процесс и возникновение очагов. // Селевые потоки. 1977. Сборник 2. С. 27–39.
Генсировский Ю.В., Казаков Н.А., Рыбальченко С.В. Гидрометеорологические условия периодов массового селеобразования на о. Сахалин. // Труды Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». Пятигорск. 2008. С. 95–98.
Геология СССР. Москва: Недра. 1970. Т. 33. Ч.1. 432 с.
Земцова А.И. Климат Сахалина. Ленинград: Гидрометеиздат, 1968. 197 с.



- Казаков Н.А., Генсиоровский Ю.В. Грязекаменные сели катастрофических объемов в низкогорье острова Сахалин. // Труды Международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». Пятигорск. 2008. С. 45–48.
- Натишвили О.Г., Тевзадзе В.И. Основы динамики селей. Тбилиси. 2007. 213 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР: в 20 т. Т.18 Дальний Восток. Выпуск 4. Сахалин и Курилы. Под ред. М.Г. Васьковского. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 262 с.
- Рыбальченко С.В. Селевая опасность для населенных пунктов сахалинской области. // ГеоРиск. 2013. № 3. С. 40–44.
- Iverson R.M. The physics of debris flows // Reviews of Geophysics. 1997. Vol. 35. P. 245–296.