

На правах рукописи

ЯЗВЕНКО

Полина Александровна

**ОПАСНЫЕ ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
СЕВЕРНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ И ПРОГНОЗ ИХ ИНТЕНСИВНОСТИ
ПРИ ТРАНСПОРТНОМ ОСВОЕНИИ ТЕРРИТОРИИ
(НА ПРИМЕРЕ ЖД ЛИНИИ КОМСОМОЛЬСК–СОВЕТСКАЯ
ГАВАНЬ)**

Специальность 25.00.08 – Инженерная геология,
мерзлотоведение и грунтоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Хабаровск, 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения»

Научный руководитель **Квашук Сергей Владимирович**,
доктор геолого-минералогических наук, доцент,
профессор кафедры «Железнодорожный путь,
основания и фундаменты» ФГБОУ ВПО
«Дальневосточный государственный университет
путей сообщения»

Официальные оппоненты: **Подгорная Татьяна Ивановна**,
доктор геолого-минералогических наук, профессор
кафедры «Архитектура» Института архитектуры и
строительства ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский
государственный университет» (г. Хабаровск)

Козырева Елена Александровна,
кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
зав. лабораторией инженерной геологии и
геоэкологии ФГБУН Института земной коры СО
РАН (г. Иркутск)

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный
университет путей сообщения» (г. Иркутск)

Защита диссертации состоится **20 января 2016 г. в 9⁰⁰ часов** на заседании
диссертационного совета Д 003.022.01 при ФГБУН Института земной коры СО
РАН по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте
(<http://www.crust.irk.ru>) Института земной коры СО РАН

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью
учреждения, просим направить ученому секретарю совета к.г.-м.н. Варваре
Викторовне Акуловой по вышеуказанному адресу или e-mail: akulova@crust.irk.ru

Автореферат диссертации разослан _____ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 003.022.01,
кандидат геолого-минералогических наук

В.В. Акулова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие любого региона начинается с развития его инфраструктуры. В настоящее время транспортная сеть Дальневосточного региона развита довольно слабо. Выход к незамерзающим морским портам Ванино и Советская Гавань осуществляется через две транспортные артерии: железнодорожную линию Комсомольск–Советская Гавань и автомобильную дорогу Лидога–Ванино, строительство которой еще продолжается. Обе транспортные магистрали расположены в пределах северного Сихотэ-Алиня, в границах которого широко распространены опасные экзогенные геологические процессы, обуславливающие повышенную сложность эксплуатации транспортной сети региона.

На железнодорожной линии Комсомольск–Советская Гавань насчитывается несколько десятков опасных обвальных участков. Около тридцати из общего количества обвалоопасных мест находятся в границах перевального участка линии. Проявление обвалов на этих участках угрожает безопасности движения поездов и нормальной эксплуатации линии.

В связи с планируемым увеличением грузопотока на линии после ее реконструкции и постройки первой очереди Кузнецовского тоннельного перехода оценка и прогноз интенсивности, и мониторинг экзогенных процессов в перевальной части Северного Сихотэ-Алиня является весьма актуальной задачей.

Цель работы – оценить современное состояние инженерно-геологических условий перевальной части Северного Сихотэ-Алиня и сделать прогноз развития опасных экзогенных геологических процессов.

Основные задачи:

1. Проанализировать инженерно-геологические условия района с целью выявления условий и причин возникновения опасных экзогенных процессов, влияющих на эксплуатацию железнодорожной линии, и оценить обвальную опасность на железнодорожной линии Комсомольск - Советская Гавань.
2. Определить скорость денудационных процессов.
3. Оценить динамическое воздействие подвижного состава на устойчивость склонов и откосов.
4. Типизировать обвальные участки железнодорожной линии по степени опасности.

Научная новизна

1. Произведен современный анализ инженерно-геодинамических условий перевальной части Северного Сихотэ-Алиня комплексом методов и выявлены

наиболее неблагоприятные экзогенные процессы, влияющие на развитие его транспортной инфраструктуры.

2. Впервые проведены исследования по определению вибродинамического воздействия поездов на откосы выемок, определена максимальная высота откоса, на которой происходит усиление колебаний за счет возникновения резонансных явлений.

3. Разработан специальный программный комплекс, позволяющий с высокой точностью получить цифровую объемную модель местности, пригодную для решения множества задач при геологических исследованиях и инженерно-геологических изысканиях.

4. При использовании программного комплекса впервые для района получены количественные показатели скорости денудационных процессов на исследуемых участках.

5. Проведена типизация участков по степени опасности.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты исследования могут быть использованы для решения проблем, связанных со строительством и эксплуатацией линейных сооружений в горных районах Дальневосточного региона.

Зависимость приращения сейсмической опасности от высоты откоса (склона) при сейсмическом микрорайонировании можно применять для региона в целом с целью выявления наиболее опасной высоты откоса с точки зрения его устойчивости при возникновении резонансных явлений.

При помощи разработанного программного комплекса и методики расчета скорости денудации возможно ведение мониторинга на различных объектах, нуждающихся в постоянном контроле.

Объектом исследования является геологическая среда перевальной части Северного Сихотэ-Алиня, которая служит основанием для всех инженерных сооружений железнодорожной линии.

Предметом являются опасные экзогенные геологические процессы, распространенные на территории исследования.

Методы исследований. Для решения поставленных задач применялись общенаучные, полевые, лабораторные, экспериментальные, теоретические исследования, структурно-литологические, инженерно-геологические и геофизические методы, а также метод фототриангуляции.

Защищаемые положения

1. На территории Северного Сихотэ-Алиня, для которого характерны сложные геодинамические условия (среднегорный рельеф, сложная тектоника, повышенная трещиноватость горных пород, повышенная сейсмичность и др.), при его освоении и развитии наиболее опасными процессами являются гравитационные – обвалы, осыпи, вывалы и лавины.

2. Максимальное усиление вибродинамического воздействия (до 4-х раз) от подвижного состава в откосах выемок и полувыемок наблюдается на высоте откоса порядка 7–10 м. Это обусловлено в наибольшей степени геометрией откосов. Далее этот фактор постепенно ослабевает и на высотах откоса порядка 20–25 м уровень колебаний определяется свойствами, составом и состоянием пород.

3. На основе разработанной методики оценки динамики опасных ЭГП с использованием модернизированного автором фотограмметрического метода получены количественные показатели процессов денудации горных пород, перевальной части Северного Сихотэ-Алиня. Средняя скорость денудации составила 1.07 и 32.02 м³/мес. для алевролитов и андезитов соответственно.

Достоверность научных положений, выводов и практических рекомендаций подкреплена наличием необходимого объема исходного материала и подтверждена экспериментальными методами путем сравнения теоретических и практических результатов.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на международных и региональных конференциях: V научно-техническая конференция с международным участием «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути» (Москва, 2008), XXIII и XXIV Всероссийские молодежные конференции «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, 2009–2011 г.), Международная научно-практическая конференция «Проблемы комплексного освоения минерального сырья Дальнего Востока» (Хабаровск, 2009), XI всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов (Нерюнгри, 2010), IV Международный геотехнический симпозиум «Превентивные геотехнические меры по уменьшению природных и техногенных бедствий», ДВГУПС, (Хабаровск, 2011 г.), VII Косыгинские чтения «Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии» (Хабаровск, 2011) и Всероссийских научно-практических конференциях с международным участием в ДВГУПС (Хабаровск, 2008–2011). В 2011 г по теме исследований автором получен грант ДВО РАН.

Автор победила в XVII краевом конкурсе молодых ученых и аспирантов по направлению Науки о Жизни и Земле (Хабаровск, 2012).

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 16 работ, в том числе две статьи в научных журналах из перечня ВАК.

Исходные материалы и личный вклад в решение поставленной проблемы. Исходными данными для написания диссертации послужили результаты полевых и камеральных исследований, проводившихся в 2007–2012 г., выполненных лично автором или с его участием, на территории перевальной части Северного Сихотэ-Алиня. В том числе были использованы результаты многолетних исследований, произведенных на изучаемой территории лабораторией ДВГУПС под руководством профессора С.В. Квашука, а также данные отчетов по научно-исследовательским темам и фондовые материалы.

Благодарности

От всей души автор выражает глубокую признательность и благодарность:

В первую очередь своему научному руководителю С.В. Квашуку за постоянное внимание, понимание, четкое руководство, помощь в организации полевых командировок, ценные советы и замечания при написании работы.

Доценту Д.Ю. Малееву за помощь в проведении геофизических исследований, ценные советы, замечания и рекомендации. Профессору А.Ф. Серенко за помощь в организации поездок в г. Иркутск, поддержку, ценные советы. Профессору С.А. Кудрявцеву за полезные советы и поддержку. Профессору Г.Л. Кирилловой за консультации при написании работы. Коллективу ИТИГ им. Ю.А. Косыгина ДВО в лице директора, профессора А.Н. Диденко, с.н.с., к. г.-м. н. А.В. Кудымова, а также сотрудников лаборатории тектоники осадочных бассейнов за содействие в выполнении исследований.

В.О. Язвенко за разработку программного обеспечения для построения цифровой модели рельефа, помощь в полевых и камеральных работах, понимание и терпение. Коллегам В.А. Шабалину, Г.А. Злобину, С.А. Гильмутдинову, доценту В.В. Пупатенко за помощь в проведении полевых работ. Семье и друзьям за поддержку.

Структура и объем работы

Диссертационная работа изложена на 161 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 87 наименований, содержит 69 рисунков, 16 таблиц, 1 приложение.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИХ ОБОСНОВАНИЕ

ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ 1. *На территории Северного Сихотэ-Алиня, для которого характерны сложные геодинамические условия (среднегорный рельеф, сложная тектоника, повышенная трещиноватость горных пород, повышенная сейсмичность и др.), при его освоении и развитии наиболее опасными процессами являются гравитационные – обвалы, осыпи, вывалы и лавины.*

Инженерно-геологические условия территории прохождения железнодорожной линии являются сложными, они обусловлены множеством факторов, которые затрудняют транспортное освоение всего района.

Железнодорожная линия расположена в границах Сихотэ-Алинской складчатой системы в пределах Тихоокеанского тектонического пояса. В геологическом строении принимает участие комплекс осадочных, вулканогенно-осадочных и магматических образований от нижнетриасовых до современных. Значительно развиты интрузивные породы, представленные разномасштабными массивами и многочисленными дайками разнообразного состава, преимущественно гранитоидного (диориты, гранодиориты, граниты), реже телами основных (габбро) и ультраосновных (перидотиты, пикриты и др.) пород.

Одной из проблем, затрудняющих проектирование новых и эксплуатацию уже существующих транспортных сооружений на территории горной страны, являются орографические условия района. По характеру рельефа в пределах железнодорожной линии Комсомольск–Советская Гавань четко выделяются два участка: предгорный (от Комсомольска до Оунэ) и горный (Оунэ – Советская Гавань). В последнем можно выделить как самостоятельный участок пересечение главного хребта Сихотэ-Алинь (станции Косграмбо–Откосная, Кузнецовский, Соллу, Высокогорная). Для горных участков характерно широкое развитие опасных для эксплуатации железной дороги и развития инфраструктуры района геологических процессов, среди которых наиболее распространены обвалы, осыпи, лавины, наледи и др., проявление которых может в некоторых случаях приводить к нарушению бесперебойности эксплуатации линии и движения поездов.

Гидрографическая сеть района представлена речными системами рек Тумнин и Гур. Долины мелких рек и ручьев характеризуются V-образным профилем, указывающим на то, что реки не выработали свой профиль равновесия.

По характеру течения все реки относятся к горным с бурным течением, скорость которого 1,5-2,5 м/сек. Для русел рек характерно наличие большого количества перекатов и рукавов (проток). Колебания уровня и скорости течения воды находятся в значительных пределах в зависимости от выпадения

атмосферных осадков. Гидрографическая сеть района прохождения трассы Комсомольск – Советская Гавань имеет очень сложный рисунок, что является ее характерной особенностью. Большинство участков линии проходит по прижимам к рекам, что в свою очередь вызывает множество проблем по обеспечению устойчивости насыпей и предотвращению размыва берегов, а так же при строительстве обходов опасных участков и двухпутных вставок.

Гидрогеологические массивы сложены интрузивными, метаморфизованными осадочными и эффузивными образованиями и содержат трещинные и трещинно-жильные подземные воды. Трещинные воды связаны с зоной экзогенного выветривания скальных пород. Проблемы при строительстве и эксплуатации транспортных сооружений будет вызывать наличие зон тектонических нарушений, сопровождающихся дроблением и смещением пород, часто крутопадающих, вызывающих интенсивную тектоническую трещиноватость и блочность пород и повышенную их обводненность.

В соответствии с картами ОСР-97В и ОСР-97С общего сейсмического районирования площадь района исследований характеризуется сейсмической интенсивностью в 8 баллов макросейсмической шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий.

Помимо обвалов, осыпей и снежных лавин на территории Северного Сихотэ-Алиня распространены и другие экзогенные геологические процессы. Оползни возникают в основном на отдельных участках склонов, лишенных древесной растительности, сложенных с поверхности рыхлыми отложениями, мощностью от 1 до 5 м. Они активизируются в результате таяния мерзлых грунтов после ливневых дождей и характеризуются высоким содержанием (до 60–70 % по весу) обломочного материала. В районе исследований проявляется заболачивание вследствие обильных осадков в летнее время, паводков, пологих форм рельефа, широкого распространения глинистых мерзлых пород. Наиболее активны эти процессы в межгорных впадинах, на поймах и надпойменных террасах рек Тумнин и Гур, а также пологих склонах долин. Распространенным процессом на исследуемой территории является наледеобразование. Наледи встречаются на склонах, в основании склонов, на речных террасах, вдоль русел рек и ручьев, на откосах дорожных выемок и полувыемок. Все наледи в районе сезонные. Большая роль принадлежит русловым наледям. Формируются они на крупных реках Тумнин, Мули, Гур и др. с ноября по март, включительно. На мелких реках и ручьях, таких как руч. Мулинка, наледеобразование начинается в конце октября, заканчивается в январе – начале февраля.

В ходе работы в пределах перевальной части железнодорожной линии (Комсомольск–Советская Гавань) было проведено инженерно-геологическое обследование 31 обвалоопасного участка, что позволило выполнить типизацию их по степени опасности. В результате выделено три группы: особо опасными являются 10 участков, опасными – 20, и неопасным признан только 1 участок.

Проанализировав сложные инженерно-геологические условия Северного Сихотэ-Алиня, можно сделать вывод, что при освоении и развитии всего региона наиболее опасными процессами являются гравитационные – обвалы, осыпи, вывалы и лавины, что требует более внимательного подхода к изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации транспортных и иных сооружений высокого уровня ответственности.

ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ 2. Максимальное усиление вибродинамического воздействия (до 4-х раз) от подвижного состава в откосах выемок и полувыемок наблюдается на высоте откоса порядка 7–10 метров. Это обусловлено в наибольшей степени геометрией откосов. Далее этот фактор постепенно ослабевает и на высотах откоса порядка 20–25 метров уровень колебаний определяется свойствами, составом и состоянием пород.

С целью определения опасной высоты откосов, на которой происходит усиление сигнала от проходящих поездов за счет возникновения резонансных колебаний, автором проведены исследования по изучению сейсмических характеристик грунта. Были выбраны три полигона, представленные наиболее характерными для Северного Сихотэ-Алиня породами (алевролиты и андезиты).

Эксперименты проводились на участках, сложенных следующими породами: андезиты (Км 197 Пк 7, Км 200 Пк 6 линии), алевролиты (Км 225 Пк 1 линии).

Регистрация микросейсм велась одновременно тремя станциями, при этом одна из них располагалась на «эталонном» грунте, за который принималось основание откоса, остальные на исследуемом грунте – участки на склоне.

В качестве опорной станции использовалась цифровая 24-битная 3-канальная сейсмостанция GSR-24, работающая под управлением программного обеспечения GeoDAS, позволяющая вести непрерывную регистрацию сигнала в частотном диапазоне до 200 Гц. Также в комплект входили две 24-битные 8-канальные сейсмостанции «Сейсмолог–8», позволяющие вести непрерывную запись в диапазоне до 150 Гц.

Для регистрации микросейсм использовались 3-компонентные акселерометры GüralpCMG-5T с силовой обратной связью и пределом измерения 1g и полосой пропускания от 2 до 100 Гц.

Сопоставление максимальных амплитуд смещения грунта в пунктах наблюдения позволило изучить характер изменения колебаний по поперечным профилям каждого участка.

По полученным записям, сделанным по девяти поездом, были найдены максимальные значения амплитуд, после чего, используя значения эталонного землетрясения, построена амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), приравненная к АЧХ землетрясения.

По полученным графикам АЧХ определены амплитудные максимумы в интервале 2–12 Гц, в результате построен график изменения амплитуды с высотой (рис.1.).

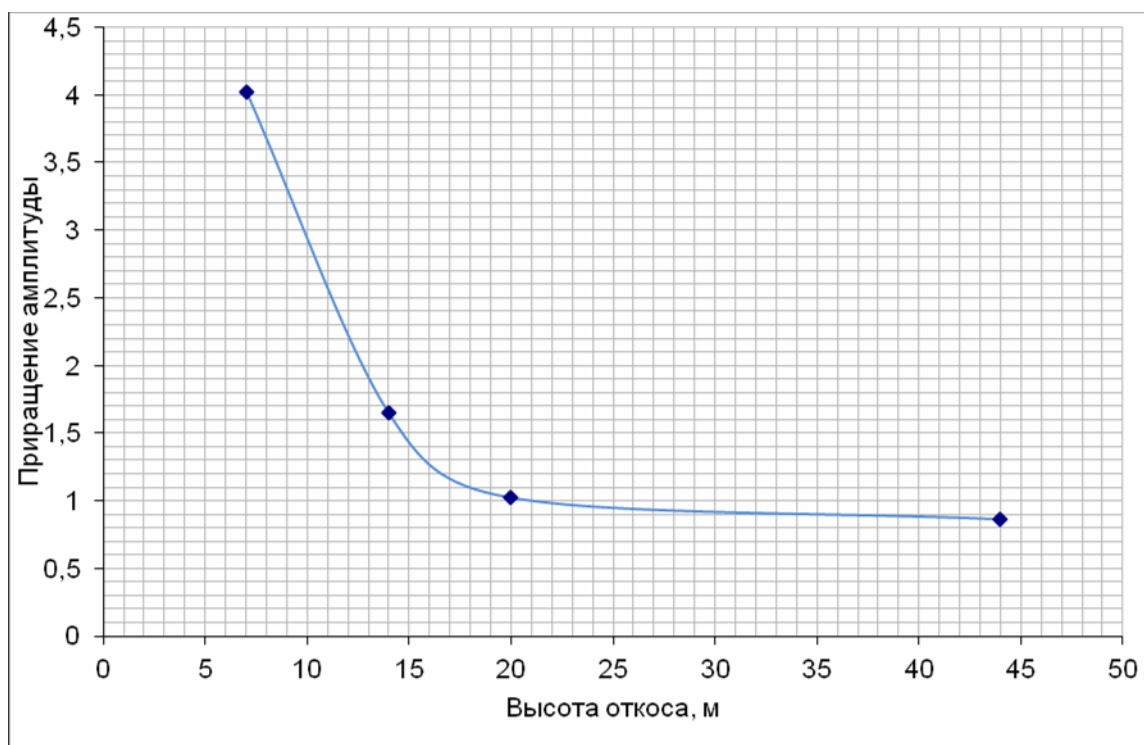


Рис. 1. График зависимости приращения амплитуд ускорения грунта по высоте относительно основания откоса.

Оценка грунтов по амплитудно-частотному методу производилась по формуле С.В. Медведева (1962).

$$\Delta I = K \lg \frac{A_s}{A_i}, \quad (1)$$

где A_s и A_i – амплитуды колебаний на эталонном и изучаемом участках соответственно; K – коэффициент, принимаемый для горных районов равным 1.6.

При сейсмическом микрорайонировании существуют требования по учету особенностей рельефа. Идет оценка сейсмической опасности откоса. То есть

основная площадка является эталонным участком с точки зрения рельефа. При увеличении высоты до 7 м происходит усиление сигнала до 4-х раз. Далее отмечается быстрое затухание до высоты порядка 20 м. Начиная с отметки 20 м сейсмические свойства откосов определяются только составом и свойствами пород. В терминах баллов MSK-64 изменение сейсмической опасности представлено на рисунке 2.

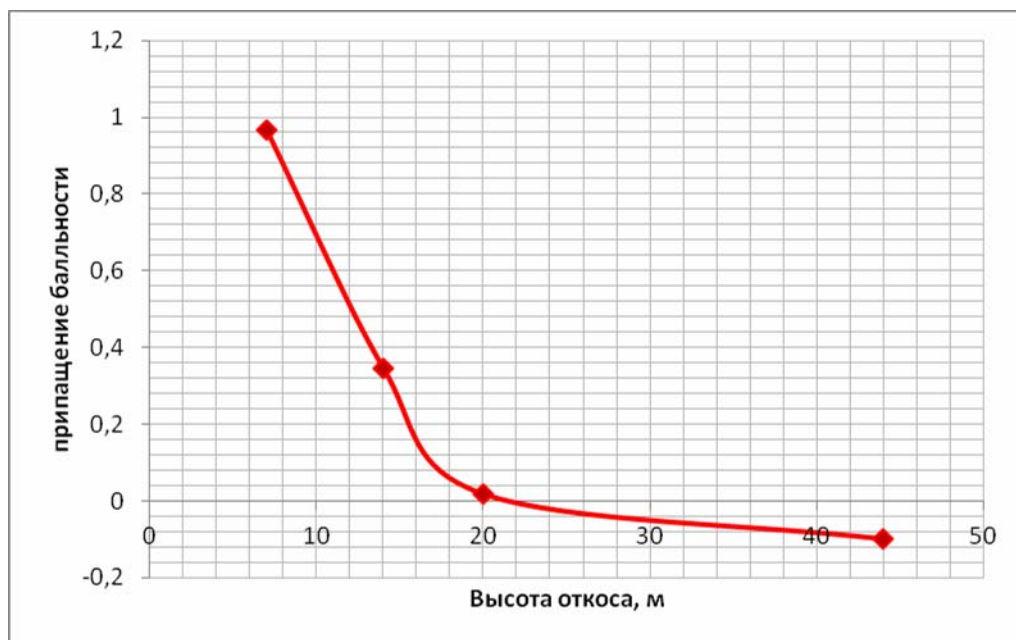


Рис. 2. График изменения сейсмической опасности откоса в зависимости от его высоты.

ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ 3. *На основе разработанной методики оценки динамики опасных ЭГП с использованием модернизированного автором фотограмметрического метода получены количественные показатели процессов денудации горных пород перевальной части Северного Сихотэ-Алиня. Средняя скорость денудации составила 1.07 и 32.02 м³/мес. для алевролитов и андезитов соответственно.*

Для оценки динамики опасных ЭГП автором использовалась цифровая модель рельефа, полученная в результате применения метода фототриангуляции. Сущность этого метода заключается в построении модели местности по снимкам и внешнем ориентировании этой модели.

Для решения поставленной задачи автором была разработана цифровая фотограмметрическая система, включающая сочетание ряда различных программных продуктов и специально написанных дополнительных сценариев, чтобы сделать систему как можно проще для фотограмметрической реконструкции.

Процесс построения цифровой модели состоит из двух основных этапов.

1. Полевые работы.

Получение множества фотоснимков рельефа одного объекта за разные периоды времени (основная задача), на основе которых строится цифровая модель местности.

2. Камеральный этап:

а) обработка полученных фотографий и построение модели местности ведется в автоматическом режиме при помощи разработанной цифровой фотограмметрической системы;

б) непосредственное вычисление скорости денудационных процессов.

Здесь обрабатываются полученные в разное время цифровые модели откосов путем сравнения площадей расчетных сечений. Происходит фиксация изменений за отчетный период и расчет скорости денудационных процессов на участке.

Точность полученных результатов оценивается при сравнении высот полученной модели с основными отметками микрорельефа склона, замеренными в ходе тахеометрической съемки или при помощи дальномера.

Скорость денудационных процессов определялась на двух участках, сложенных алевролитами (Км 225 Пк 1) и андезитами (Км 201 Пк 6).

Оценка скорости денудации алевролитов (Км 224 Пк 9)

В результате обработки фотоснимков сделанных во время полевых работ в сентябре 2010 г. и мае 2011 г. при помощи программы, описанной выше, были получены две рабочие цифровые модели откоса (рис. 3).

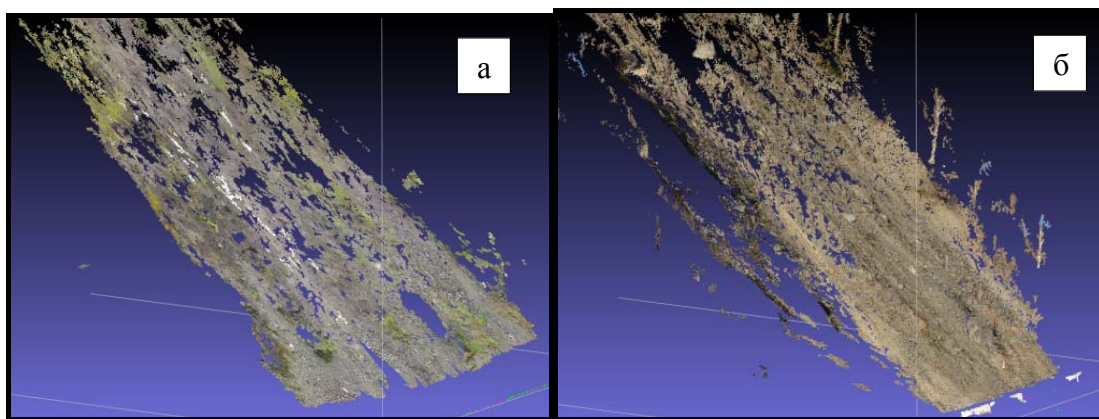


Рис. 3. Цифровые модели откоса: а) сентябрь 2010 г., б) май 2011 г.

Для фиксации изменений модели были совмещены и разделены сечениями через 1 метр.

Откос сложен сильнотрещиноватыми алевролитами, разрушение его происходит незакономерно. На поперечных профилях расчетных сечений имеются зоны со смещенным (сносенным) материалом, т. е. контур откоса 2010 г. находится

выше контура откоса 2011 г. (рис. 4 – синий цвет), и зоны с обрушенной породой (рис. 4 – желтый цвет), где линия откоса 2010 г. находится ниже поверхности откоса 2011 г.

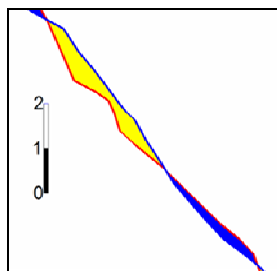


Рис. 4. Фрагмент расчетного сечения (синим цветом отмечена площадь смещенной породы, желтым – обрушенной).

Для получения итогового результата объем обрушенной породы не учитывался, т.к. он не дает достаточной точности ввиду нескольких особенностей данного участка. Во-первых, продолжением откоса является естественный склон и часть породы могло скатиться с него, а во-вторых, работники службы пути регулярно убирают осыпавшиеся обломки с улавливающей полки. Отсюда можно сделать вывод, что наиболее достоверное значение скорости денудации на данном участке можно получить исходя из расчета объема отступления стенки обнажения. Суммарный объем смещенного материала по расчетным сечениям составил 288,2 м³. Учитывая, что разница во времени съемки откосов составила девять месяцев, средняя скорость денудации для пород данного генезиса на ширине откоса в 27 м и высоте, меняющейся в пределах 39 – 58 м, составила 32 м³ в месяц.

Оценка скорости денудации андезитов (Км 201 Пк 6)

На участке Км 201 Пк 6 исследования проводились в 2011 и 2012 годах, в результате полевых работ были получены рабочие цифровые модели откоса (рис. 5).

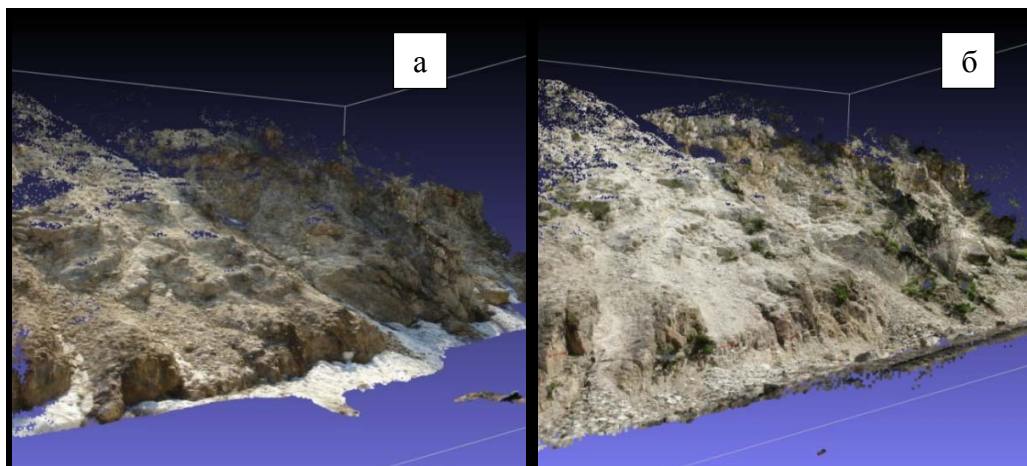


Рис. 5 Цифровые модели откоса: а) май 2011 г., б) июнь 2012 г.

Обвалоопасный склон представлен эффузивными кайнотипными андезитами, породы неравномерно трещиноваты. У основания откоса, после подрезки склона, вскрыты практически монолитные блоки с малой степенью трещиноватости, верхняя же часть, напротив, представлена сильно раздробленными породами. Съёмка участка в 2011 году проводилась в середине мая, у подножья склона все еще не сошел снег, что видно на итоговой модели. В 2012 году работы проходили в июне, это объясняет более детальную прорисовку основания откоса. Для более точного определения скорости денудационных процессов автором учтены особенности строения участка. Расчет скорости произведен по средней части откоса, на которой наиболее заметны изменения (аналогично предыдущему участку).

Суммарный объем снесенного материала по расчетным сечениям составил 13,9 м³. Учитывая, что разница во времени съёмки откосов составила тринадцать месяцев, средняя скорость денудации для пород данного генезиса на ширине откоса в 25 м в средней его части высотой порядка 17–20 м составила 1,07 м³ в месяц.

Итоговые показатели скорости денудации сведены в таблицу 3.

Таблица 3.

Определение скорости денудации пород

Наименование породы	Объём снесенного материала V ₂ , м ³	Интервал между съёмками, T, мес.	Скорость денудации, м ³ /мес.	Средняя скорость денудации, м ³ /мес. на 1 м ² откоса
андезиты	13,9	13	1,07	0,05
алевролиты	288,2	9	32,02	0,70

Полученная разница значений скорости денудации определяется генезисом и состоянием пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ особенностей инженерно-геологических условий Северного Сихотэ-Алиня позволил установить, что при освоении и развитии всего региона наиболее опасными процессами являются гравитационные – обвалы, осыпи, вывалы и лавины. Это требует более внимательного подхода к изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации транспортных и иных сооружений высокого уровня ответственности.

Разработана методика, позволяющая получить высокоточную цифровую объемную модель местности, пригодную для решения множества задач при геологических исследованиях и инженерно-геологических изысканиях. При использовании программного комплекса впервые для района получены количественные показатели скорости денудационных процессов на исследуемых участках, сложенных алевролитами и андезитами. Для алевролитов этот показатель составил 32,02 м³/мес, для андезитов – 1,07 м³/мес. Установлено, что полученная разница значений скорости денудации определяется генезисом и состоянием пород.

Получена зависимость изменения сейсмической опасности от высоты откоса. Определено вибродинамическое воздействие поездов на откосы выемок, установлена максимальная высота откоса, на которой происходит усиление колебаний за счет возникновения резонансных явлений. При увеличении высоты до 7 метров происходит усиление сигнала до 4-х раз, далее начинается быстрое его затухание до высоты порядка 20 метров.

Инженерно-геологическое обследование 31 обвалоопасного участка в пределах перевальной части железнодорожной линии (Комсомольск–Советская Гавань) позволило выполнить типизацию их по степени опасности.

Проведенные цифровые и натурные исследования обвалоопасных участков позволили:

- установить общие особенности, характерные для всех участков;
- оптимизировать принятие эффективных решений по выбору конструкций инженерных сооружений, с учетом современного состояния инженерно-геологических условий территории и их особенностей.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

ВАК публикации:

1. Колтун (Язвенко), П.А. Влияние инженерно-геологических условий горных районов Дальнего Востока на эксплуатацию и реконструкцию транспортных сооружений (на примере жд линии Комсомольск – Советская Гавань) / С.В. Квашук, П.А. Колтун // Дальний Восток-1: сборник статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). М.: Изд-во «Горная книга». – 2009. – № 4. – С. 159-166.

2. Колтун (Язвенко), П.А. Постаккреционная кинематика дизъюнктивов в районе северного замыкания Самаркинского террейна (Северный Сихотэ-Алинь) / А.В. Кудымов, П.А. Колтун, Г.А. Злобин // Тихоокеанская геология. – 2014. – Т. 33. – № 5. – С. 91-100.

Материалы конференций:

3. **Колтун (Язвенко), П.А.** Оценка обвальной опасности на линии Комсомольск–Советская Гавань/ С.В. Квашук, П.А. Колтун, В.А. Киселев // Научно-технические проблемы транспорта, промышленности и образования: Труды Всероссийской научно-практической конф. / ред. В. С. Шварцфельд. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. – Т.2. – С. 39-42.

4. **Колтун (Язвенко), П.А.** Типизация обвалоопасных участков на линии Комсомольск–Советская Гавань и задачи по их изучению / С.В. Квашук, П.А. Колтун // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути. Пятая научно-техническая конференция с международным участием, 19-20 ноября 2008 г. – М.: МИИТ, 2008. – С.123-124.

5. **Колтун (Язвенко), П.А.** Оценка инженерно-геологических условий и прогноз гравитационных процессов при транспортном освоении северного Сихотэ-Алиня (на примере жд линии Комсомольск – Советская гавань) / С.В. Квашук, П.А. Колтун // Строение литосферы и геодинамика: Материалы 23 Всероссийской молодежной конференции, 21-26 апреля 2009 г.). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. – С. 229-300.

6. **Колтун (Язвенко), П.А.** Особенности Инженерно-геологических условий северного Сихотэ-Алиня / С.В. Квашук, П.А. Колтун // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке: Материалы Всероссийской научно-практической конф. с междунар. участием, 22-24 апреля 2009 г. – Хабаровск: ДВГУПС, 2009. – С.7-9.

7. **Колтун (Язвенко), П.А.** К вопросу разработки принципов прогнозной типизации обвалоопасных участков по степени опасности / С.В. Квашук, П.А. Колтун // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке: Материалы Всероссийской научно-практической конф. с междунар. участием, 22-24 апреля 2009 г. – Хабаровск: ДВГУПС. 2009. – С.10-13.

8. **Колтун (Язвенко), П.А.** Оценка степени выветрелости горных пород по результатам микроскопического анализа (на примере железнодорожной линии Комсомольск-на-Амуре – Советская Гавань / С.В. Квашук, П.А. Колтун, Г.А. Злобин // Научно-технические проблемы транспорта, промышленности и образования: Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 21-23 апреля 2009 г. – Хабаровск: ДВГУПС, 2010. – Т.2. – С.54-57.

9. **Колтун (Язвенко), П.А.** Характеристика инженерно-геологических условий Кузнецовского тоннельного перехода на линии Комсомольск–на–Амуре – Советская Гавань / С.В. Квашук, П.А. Колтун, Г.А. Злобин // Научно-технические проблемы транспорта, промышленности и образования: труды Всероссийской научно-практической конференции, 21-23 апреля 2010 г. В 6 т. / под ред. О.Л. Рудых. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2010. – Т. 2. – С. 50-54.

10. **Колтун (Язвенко), П.А.** Влияние макро- и микротрещиноватости на устойчивость транспортных сооружений / С.В. Квашук, П.А. Колтун, Г.А. Злобин // Материалы 11 Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, 2-3 апреля 2010 г. – Нерюнгри: Печатный дом. 2010. – С.39-42.

11. **Колтун (Язвенко), П.А.** Исследование влияния трещиноватости пород перевальной части Северного Сихотэ-Алиня на устойчивость транспортных сооружений / С.В. Квашук, П.А. Колтун, Г.А. Злобин //Строение литосферы и геодинамика: Материалы 24 Всероссийской молодежной конференции, 19-24 апреля 2011 г. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2011. – С.151-152.

12. **Колтун (Язвенко), П.А.** Кайнозойские поля напряжения района железнодорожной линии в перевальной части Северного Сихотэ-Алиня / А.В. Кудымов, П.А. Колтун, Г.А. Злобин //Строение литосферы и геодинамика: Материалы 24 Всероссийской молодежной конференции, 19-24 апреля 2011 г. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2011. – С. 28-29.

13. **Колтун (Язвенко), П.А.** Геодинамические проблемы при транспортном освоении Дальнего Востока России / П.А. Колтун, Г.А. Злобин, С.В. Квашук // Превентивные геотехнические меры по уменьшению природных и техногенных бедствий: сборник трудов IV Международного геотехнического симпозиума, 26-29 июля 2011 г. / ред. С.А. Кудрявцева и А.Ж. Жусупбекова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2011. – С. 320-324.

14. **Колтун (Язвенко), П.А.** Фотограмметрическая цифровая система в инженерных изысканиях / П.А. Колтун, В.О. Язвенко, С.В. Квашук // Экологическая геология: теория, практика, региональные проблемы: Материалы второй международной научно-практической конференции, 4-6 октября 2011 г. / ред. И.И. Косиновой. – Воронеж: «КОМПИАР» Центр документации, 2011. – С. 370-373.

15. **Колтун (Язвенко), П.А.** Количественное определение скорости денудации скального откоса с использованием фотограмметрической системы. / П.А. Колтун, В.О. Язвенко, С.В. Квашук // Материалы всероссийской конференции молодых ученых «Современные проблемы геологии, геохимии и геоэкологии Дальнего Востока России». Владивосток: Дальнаука, 2012. – С.28-31.

16. **Колтун (Язвенко), П.А.** Фотограмметрическая цифровая система и ее применение для определения скорости денудационных процессов (на примере перевального участка железнодорожной линии Комсомольск – Советская Гавань) /П.А. Колтун // Молодые ученые – Хабаровскому краю: материалы XIV Краевого конкурса молодых ученых и аспирантов, 17-24 января 2012 г. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. – Т.2. – С. 20-25.