

На правах рукописи



БЕЗУГЛОВА Екатерина Вячеславовна

**ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ОПОЛЗНЕВЫМ РИСКОМ
ТРАНСПОРТНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА**

25.00.36 – Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Москва 2015

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ)

Научный консультант: доктор технических наук, профессор
Маций Сергей Иосифович

Официальные оппоненты: Пендин Вадим Владимирович
доктор геолого-минералогических наук, профессор,
декан гидрогеологического факультета,
заведующий кафедрой инженерной геологии ФГБОУ ВПО
Российский государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ)

Добров Эдуард Михайлович
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой инженерной геологии и геотехники
ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)

Чернышев Сергей Николаевич
доктор геолого-минералогических наук, профессор,
профессор кафедры инженерной геологии и геоэкологии
ФГБОУ ВПО Московский государственный
строительный университет (МГСУ)

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО Московский государственный университет
путей сообщения (МГУПС (МИИТ))

Защита состоится «20» мая 2015 г. в 15-00 часов на заседании диссертационного совета Д 002.048.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН) по адресу: 109004, Москва, ул. Николаямская, д. 51.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева Российской академии наук и на сайте www.geoenv.ru.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 101000, Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН), Москва, Уланский переулок, дом 13, строение 2, а/я 145, e-mail: gib74@mail.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2015 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат геолого-минералогических наук



Батрак Г. И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность темы. Окружающая среда под влиянием деятельности человека постоянно преобразуется. В настоящее время все больше нарастает дисбаланс при взаимодействиях естественных и искусственных компонентов, образующих природно-технические системы (ПТС). Развитие разнообразных инженерно-геологических процессов, часто приводящих к неблагоприятным последствиям, наглядно проявляется на линейных сооружениях, по протяженности которых формируются транспортные природно-технические системы (ТПТС) – автодорожные, железнодорожные, трубопроводные, коммуникационные (линии электропередач). В горных районах следствием возрастающих при строительстве и эксплуатации техногенных нагрузок является нарушение устойчивости массивов с деформациями сооружений и экономическими ущербами.

Так, при обследовании трассы А-147 Джубга – Сочи – граница с Республикой Абхазия в 2011 г. на 214-ти километрах выявлено, помимо 278 оползневых, 43 – аварийно-опасных участка, требующих незамедлительных мер. Из 1012-ти сооружений инженерной защиты, 20% (202 шт.) находятся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии, что требует затрат на капитальный ремонт или реконструкцию.

Для устройства типовых грибовидных фундаментов опор высоковольтных линий электропередач (ВЛ) требуется проложение подъездных дорог и разработка котлована. При этом сама технология работ является основной причиной последующего возникновения аварийных ситуаций: подрезки склонов в сочетании с недостаточным уплотнением грунтов при засыпке котлована делают участки постоянными накопителями влаги, способствуя развитию оползневых смещений с вовлечением опор ВЛ.

Федеральным законодательством и нормативной базой регламентируются требования к обеспечению безопасности строительства и эксплуатации объектов. Схемы территориального планирования, проектируемые мероприятия инженерной защиты должны обосновываться, в том числе, оценкой риска опасных природных процессов и (или) техногенных воздействий (Градостроительный кодекс РФ (ст. 10, 14, 19 и др.); Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ (ст. 15); СП 116.13330.2012 (п. 4.1; 4.19)). Однако для

линейных (транспортных) ПТС в условиях оползневой опасности методологические подходы проработаны слабо. Выполнение оценки риска требует наличия статистических данных о частоте (вероятности), случаев/год, проявления оползневых подвижек на конкретных площадях и неблагоприятных последствиях, что вызывает практические трудности. Во-первых, подразумевается «необходимость» наличия аварийных ситуаций. Во-вторых, проектно-изыскательские и эксплуатирующие организации такой информацией, как правило, не располагают – в процессе сбора материалов выявляются сведения только о количестве оползней на исследуемой территории, количество/км, выделенных при изысканиях под строительство линейного объекта. Так, на Обходе г. Сочи в 2008 г. отмечено около 40 оползней (5 проявлений на 1 км трассы). В-третьих, даже при наличии карт геологических опасностей, необходима дальнейшая детализация с учетом конкретных форм рельефа каждого из оползнеопасных участков линейного сооружения. При этом принятие обоснованных инженерных решений требуется в кратчайшие сроки.

Таким образом, оценка оползневого риска и принятие управленческих решений относятся к серьезной научно-практической проблеме.

Цель работы – разработка и внедрение в геотехническую практику методологии оценки оползневого риска и управления им на транспортных природно-технических системах для снижения экономического ущерба при эксплуатации транспортно-коммуникационных сооружений на оползнеопасных территориях.

Задачи исследований:

- проанализировать терминологию, методы, критерии оценки и принципы управления риском, выявить проблемы проектирования, строительства и эксплуатации противополопзневой защиты транспортно-коммуникационных сооружений;

- обследовать склоны, подпорные, удерживающие и вспомогательные сооружения инженерной защиты на оползнеопасных участках автомобильных, железных дорог, трубопроводов, линий электропередач, принять участие в проведении мониторинга объектов;

- выполнить комплексный анализ устойчивости склонов и статистические исследования прочностных показателей оползневых грунтов;

- классифицировать взаимосвязи компонентов, составляющих транспортные природно-технические системы, и воздействующих техногенно-природных факторов, приводящих к деформациям склонов, откосов, насыпей и транспортно-коммуникационных сооружений;

- представить структурную схему транспортных природно-технических систем, строительство и эксплуатация которых осуществляются на оползнеопасных территориях;

- выявить основные факторы, вызывающие экономический ущерб на ТПТС;

- разработать метод определения экономического риска на основе расчета вероятности разрушения ТПТС;

- типизировать варианты взаимодействий автомобильных, железных дорог, трубопроводов, опор ВЛ с оползнями и предложить принципиальные управленческие решения инженерной защиты, в зависимости от конкретного расположения ТПТС на склоне и возможных проявлений оползневых воздействий;

- предложить решение вопроса снижения экономических затрат при разработке проектно-изыскательской документации инженерной защиты на участках активного развития оползневых процессов;

- применить на практике основные результаты исследований;

- сформулировать выводы и выдвинуть защищаемые положения научных исследований.

Методы исследований. Для решения обозначенной проблемы проводились обследования, диагностика с оценкой технического состояния объектов авто-, железнодорожных, трубопроводных, коммуникационных ТПТС, геотехнический мониторинг; выполнялась статистическая обработка данных лабораторных испытаний оползневых грунтов; производилось компьютерное моделирование с расчетами устойчивости склонов и удерживающих конструкций в программных комплексах Plaxis, GeoStudio; применялись теории риска, предельного равновесия; использовались эмпирический, экспертный, аналитический методы.

Достоверность результатов обосновывается анализом и обработкой значительного количества данных, полученных по итогам обследований более 1500 ТПТС; использованием качественных исходных материалов инженерно-геологических изысканий, а также данных геотехнического мониторинга на объектах транспортной

инфраструктуры в г. Сочи; корректным применением общепринятых аналитических, статистических, эмпирических методов, а также экспертных оценок; сопоставлением получаемых результатов с другими исследованиями и фактическим состоянием объектов; апробацией и внедрением научных разработок при проектировании и эксплуатации инженерной защиты на сотнях объектах Черноморского побережья Кавказа (ЧПК); включением ряда положений исследований в состав шести действующих отраслевых дорожных методических документов (ОДМ).

Научная новизна заключается в разработке новых положений методологии оценки и управления экономическим риском транспортных природно-технических систем, расположенных на оползнеопасных территориях. **Новыми результатами** являются:

- методики выполнения детерминированного и вероятностного расчетов устойчивости склонов на участках возможного вторичного развития смещений, учитывающие выявленные закономерности изменения прочностных характеристик делювиально-оползневых грунтов в массиве;

- классификация взаимосвязей компонентов авто-, железнодорожных, трубопроводных, коммуникационных транспортных природно-технических систем и воздействующих техногенно-природных факторов;

- структурная схема разреза транспортной природно-технической системы на оползнеопасной территории, включающая в себя полный комплекс компонентов (объектов и их элементов), испытывающих воздействия факторов;

- балльная система оценки состояния природных и поврежденных техногенных компонентов ТПТС;

- параметры значимости и веса компонентов ТПТС, полученные решением систем линейных уравнений;

- метод определения экономического риска на основе расчета вероятности разрушения ТПТС, зависящей от уязвимости техногенных объектов и вероятности оползневых событий на природных;

- типизация вариантов взаимодействий автомобильных, железных дорог, трубопроводов, опор ВЛ с оползнями и принципиальные управленческие решения, учитывающие конкретное расположение ТПТС на склоне и возможные проявления оползневых воздействий;

- обоснование и рекомендации о необходимости проведения мониторинга на активных оползневых участках до разработки проектно-изыскательской документации инженерной защиты;
- разработанные при участии докторанта и утвержденные в РОСАВТОДОР шесть отраслевых дорожных методических документов.

Практическая значимость состоит в том, что основные положения научных исследований полностью увязаны с практикой проектирования и строительства противооползневых сооружений и эксплуатации ТПТС. Предложенные подходы к расчетам устойчивости, оценке оползневого риска, выбору управленческих решений на протяжении ряда лет используются при разработке проектной документации, выполнении диагностики и мониторинга на участках железных и автомобильных дорог, газопроводов, аммиакопроводов, опор ВЛ. При участии автора обоснован геотехнический мониторинг на олимпийских объектах: автомагистраль Дублер Курортного проспекта, транспортные развязки «Агура», «Донская – Виноградная»; проведена диагностика автомобильных дорог регионального значения в г. Сочи; выполнены обследования подпорных стен и удерживающих сооружений на трассах М-4 «Дон», М-27 Джубга – Сочи и других.

Часть исследований выполнялась в соответствии с государственными контрактами на основании Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Федерального дорожного агентства подпрограммы «Автомобильные дороги» Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)».

Результаты исследований отражены в 6-ти разработанных в соавторстве отраслевых дорожных методических документах:

- ОДМ 218.2.006-2010 «Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог».
- ОДМ 218.3.008-2011 «Рекомендации мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог».
- ОДМ 218.2.026-2012 «Методические рекомендации по расчету и проектированию свайно-анкерных сооружений инженерной защиты автомобильных дорог».

- ОДМ 218.2.027-2012 «Методические рекомендации по расчету и проектированию армогрунтовых подпорных стен на автомобильных дорогах».
- ОДМ 218.2.033-2013 «Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог».
- ОДМ 218.2.030-2013 «Методические рекомендации по оценке оползневой опасности на автомобильных дорогах».

Реализация результатов исследований подтверждена актами о внедрении и осуществлена на оползнеопасных территориях ТПТС:

- автодорожных: Адлер – Красная Поляна, Анапа – Варениковская, Армавир – Николаевская, Горячий Ключ – Фанагорийское, Горячий Ключ – Хадыженск, Джубга – Сочи, М-4 «Дон», Майкоп – Туапсе, Макопсе – Наджиго, Обход г. Сочи и других, включая подъездные дороги к газопроводам и опорам ВЛ;

- железнодорожных: Адлер – Аэропорт, Туапсе – Адлер;

- трубопроводных: «Адлер – Красная Поляна», «Россия – Турция», «Южный поток», Сахалин-2, «Тольяттиазот», компрессорные станции «Береговая», «Краснодарская»;

- коммуникационных (подстанции и опоры ВЛ ОАО «Кубань-энерго»): Адлер – Псоу, Дагомыс – Верещагинка, Дагомыс – Псоу, Дагомыс – Пасечная – Родниковая, Дагомыс – Сочи, КППЭС – Верещагинка и других.

Расчетный экономический эффект от внедрения разработок составил более 16 млн руб.

Апробация диссертации. Положения и результаты исследований представлены на втором оползневом форуме, семинарах, симпозиумах, конференциях Российского и международного значений, среди которых: “Technical and Economic risk estimation” (Austria, Graz, 2002); “Риск – 2003” (Москва, 2003); “Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство” (Санкт-Петербург, 2003); Российские национальные конференции с международным участием по сейсмическому районированию и сейсмостойкому строительству (V и VII, Сочи, 2003, 2007); “Риск – 2006” (Москва, 2006); “Город и геологические опасности” (Санкт-Петербург, 2006); “Городские агломерации на оползневых территориях” (Волгоград, 2008, 2010); ГЕОРИСК – 2009 (Москва, 2009); “Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации земляного

полотна железных дорог” (Москва, 2010); International conference “EngeoPro-2011” (Москва, 2011); The second world landslide forum (Рим, 2011); ГЕОРИСК – 2012 (Москва, 2012); “Оценка риска и проблемы безопасности в строительном комплексе” (Баку, 2013); 16-е Сергеевские чтения (Москва, 2014); XI международная научно-техническая конференция «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути», посвященная памяти *Г. М. Шахунянца* (Москва, 2014), IAEG XII Congress Engineering Geology for Society and Territory (Torino, Italy, 2014), XV Danube – European Conference on Geotechnical Engineering (Vienna, Austria, 2014).

Публикации.

По теме исследований опубликовано более 50 научных работ, включая 16 публикаций в 9-ти изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, монографию, 6 отраслевых дорожных методических документов. Монография «Управление оползневым риском» удостоена диплома конкурса на лучшую научную книгу 2010 г., организованного фондом развития отечественного образования.

Личный вклад автора – в решении научных и практических задач снижения экономического риска при эксплуатации транспортных природно-технических систем в оползнеопасных районах. Докторанту принадлежит постановка цели и выбор направления исследований; проработка научных и нормативных источников; личное выполнение работ; обоснование и разработка представленных в диссертации схем, методов, классификации, типизации; анализ и обобщение результатов. С соавторами обсуждались методики выполнения работ, корректность задач и выводов.

Автор очень **благодарна** за постоянное внимание, помощь, отзывчивость научному консультанту – д.т.н., профессору кафедры строительных материалов и конструкций КубГАУ Сергею Иосифовичу Мацию, к.т.н., профессору кафедры геодезии КубГАУ Василию Владимировичу Подтелкову, к.т.н., доценту кафедры оснований и фундаментов КубГАУ Олегу Юрьевичу Ещенко. За консультации и ценные советы искренне **признательна** к.г.-м.н., начальнику сектора опасных геологических процессов ООО «Газпром инжиниринг» Сергею Григорьевичу Миронюку.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Повышение достоверности оценки устойчивости склонов достигается применением расчетных характеристик делювиально-оползневых грунтов на момент смещения оползня, с использованием коэффициентов, отражающих изменчивость прочностных показателей в массиве.

2. Разработанная классификация взаимосвязей компонентов транспортно-природно-технических систем (ТПТС) и техногенно-природных воздействующих факторов, вызывающих деформации склонов, откосов, насыпей и расположенных на них транспортно-коммуникационных сооружений, позволяет оценить оползневую опасность. Предложенная на основе классификации структурная схема ТПТС учитывает способы устройства линейных сооружений на оползнеопасных территориях и включает в себя полный комплекс природных и техногенных компонентов (объектов и их элементов), испытывающих воздействия факторов.

3. Разработанный метод диагностики ТПТС, включающий оценку уязвимости техногенных объектов и вероятности оползневых событий, позволяет определять экономический риск.

4. Предложенная типизация вариантов взаимодействия автомобильных, железных дорог, трубопроводов, опор ВЛ с оползнями, учитывающая конкретное расположение ТПТС на склоне и возможные проявления оползневых воздействий, позволяет принимать принципиальные управленческие решения инженерной защиты.

5. Мониторинг на активных оползневых участках ТПТС следует проводить до выполнения изысканий, с целью определения объемов проектно-изыскательских работ и предварительной стоимости инженерной защиты.

Структура и объем работы.

Текст научной работы представлен на 277 страницах с 77 рисунками, 36 таблицами, 377 наименованиями литературных источников. Диссертация включает в себя введение, 5 глав, выводы, список литературы. Приложение содержит акты о внедрении результатов исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, поставлены задачи, определена цель, сформулированы защищаемые положения.

В первой главе выполнен обзор нормативных и научных источников по теме исследований, проанализирована терминология; обозначено понятие «транспортная природно-техническая система»; выявлены проблемы изысканий, проектирования, эксплуатации, а также воздействия на объекты инженерной защиты линейных сооружений в оползнеопасных районах; рассмотрены точки зрения ученых, их вклад в решение проблем оценки и управления риском.

Во второй главе приведено описание инженерно-геологических условий исследуемых ТПТС; представлены результаты комплексного анализа устойчивости склонов и исследований прочностных свойств грунтов статистическими методами; проанализирован вопрос достаточного количества испытаний; получены количественные зависимости для определения показателей делювиально-оползневых грунтов в момент смещения; разработаны методики детерминированных и вероятностных расчетов устойчивости склонов, учитывающие изменчивость показателей в массиве.

В третьей главе классифицированы взаимосвязи компонентов ТПТС и воздействующих техногенно-природных факторов; представлена структурная схема разреза ТПТС на оползнеопасной территории в виде полного комплекса компонентов (объектов и их элементов), испытывающих воздействия факторов; приведены результаты обследований ТПТС и выявлены основные факторы, вызывающие экономический ущерб; предложена балльная система оценки состояния природных и повреждений техногенных компонентов ТПТС; решены системы линейных уравнений, на основании которых получены параметры значимости и веса компонентов ТПТС для оценки уязвимости техногенных объектов и вероятности оползневых событий; приведен метод определения экономического риска на основе расчета вероятности разрушения ТПТС.

В четвертой главе приведены принципы управления риском; представлена типизация вариантов взаимодействий транспортно-коммуникационных сооружений с оползнями и принципиальные управленческие решения, учитывающие расположение ТПТС на склоне и возможные проявления оползневых воздействий; проанализированы указания законодательных и нормативных документов

на выполнение мониторинга; на примере реальной ТПТС показана экономическая целесообразность проведения мониторинга на участках активного развития оползневых процессов до разработки проектно-изыскательской документации инженерной защиты.

В пятой главе представлена реализация разработок при строительстве и эксплуатации автодорожных, железнодорожных, коммуникационных, трубопроводных ТПТС в оползнеопасных районах.

Приложение содержит акты о внедрении результатов работы.

В горной местности расположены многие транспортные (линейные) сооружения: автомобильные, железные дороги, трубопроводы, линии электропередач, взаимодействующие с геологической средой в относительно узкой, протяженной полосе. В оползнеопасных зонах формируются транспортные природно-технические системы, структурная схема которых в общем виде показана на рисунке 1.

Вопросы оценки изменения состояния геологической среды и гидросферы под влиянием антропогенной деятельности, прогнозирования последствий, анализа деформаций объектов получили развитие в работах *А. С. Алешина, Е. С. Ашпиза, Г. И. Батрака, А. А. Варги, В. Г. Заиканова, В. П. Зверева, В. С. Круподерова, В. М. Кутепова, В. К. Лапердина, Н. Г. Мавляновой, И. И. Молодых, Н. Г. Москаленко, А. В. Николаева, О. Г. Поповой, С. Р. Крайнова, В. Г. Румынина, С. М. Семенова, Е. М. Сергеева, В. М. Швеца.*

Принципы управления хозяйственной деятельностью ПТС на основе мониторинга и развития методов прогноза инженерно-геологических процессов для предупреждения кризисных ситуаций изложены в публикациях *В. П. Ананьева, И. П. Балабанова, А. Н. Галкина, М. В. Графкиной, О. В. Зеркаля, В. А. Королева, Ф. В. Котлова, В. И. Осипова, И. А. Парабучева, В. В. Пендина, В. Т. Трофимова, А. А. Цернанта,* и других ученых.

Разработке классификаций оползневых явлений, изучению механизма и факторов формирования инженерно-геологических процессов серьезное внимание уделено в работах *К. А. Гулакяна, Э. М. Доброва, Е. П. Емельяновой, Г. С. Золотарева, В. И. Клименко, В. В. Кюнцеля, Н. Н. Маслова, С. А. Несмеянова, Н. Ф. Петрова, Л. П. Петровой-Ясюнас, И. В. Попова, Г. П. Постоева, Ф. П. Саваренского, К. Терцаги, И. О. Тихвинского, П. В. Царева, Р. Шустера, D. G. Fredlund, D. Varnes.*



Рис. 1. Структурная схема ТПТС на оползнеопасных участках

Тематика подводных оползней освещается в трудах Э. В. Калинина, С. Г. Миронюка и других ученых.

Решения проблем инженерной защиты, расчета оползневых давлений представлены в работах А. А. Бартоломея, А. И. Билеуша, А. Н. Богомолова, А. Я. Будина, Л. К. Гинзбурга, А. Л. Готмана, Ф. Н. Деревенца, Г. С. Золотарева, Н. И. Кригера, В. С. Курдякова, Л. С. Лapidуса, С. И. Мацяя, Г. Д. Недри, З. С. Орагвелидзе, М. К. Рзаевой, В. Г. Федоровского, К. Ш. Шадунца, Г. М. Шахунянца, Н. Л. Шешени, Т. Adashi, М. Kimura, S. Tada, T. Ito, T. Matsui, W. P. Hong, N. Janbu, T. Yamagami и других специалистов.

Значительный вклад в решение вопросов оценки свойств грунтов и устойчивости склонов внесен трудами В. С. Аникина, Л. А. Аносовой, С. С. Бабицкой, В. Ф. Безрукова, А. Бишона, В. Н. Бухарцева, С. С. Вялова, М. Н. Гольдштейна, Р. Э. Дашко, В. В. Дмитриева, Ю. К. Егорова, Е. П. Емельяновой, И. П. Иванова, А. А. Кагана, И. Г. Коробановой, Э. К. Кузахметовой, В. Д. Ломтадзе, Н. Н. Маслова, Г. П. Постоева, А. Д. Потапова, И. А. Сафохинной, А. У. Скемптона, Л. М. Тимофеевой, Р. Г. Тулинова, В. М. Тумбольцева, А. Я. Туровской, В. И. Федодеева, Д. Хенкеля, С. Н. Чернышева, Н. Л. Шешени, Л. Шукле, Л. А. Ярг, G. Bhattacharya, R. Chowdhury, P. Flentje.

Аналитические и численные исследования, моделирование напряженно-деформированного состояния литосферы при взаимодействии с сооружениями проводятся А. П. Белоусовой, А. С. Викторовым, В. К. Епишиным, А. И. Казеевым,

Б. К. Лапочкиным, Э. В. Калинин, Г. З. Перльштейном, В. Г. Румыниным, В. Б. Сваловой, В. М. Швецом.

В области риск-анализа, оценки уязвимости и инженерно-геологических опасностей, разработки критериев безопасности, выбора мер представлены значимые положения *В. А. Акимовым, А. А. Арямовым, В. Н. Буровой, А. А. Быковым, А. А. Варгой, Ю. Л. Воробьевым, И. В. Галицкой, В. М. Гранатуровым, Е. С. Дзекцером, М. А. Клячко, В. Ф. Котловым, В. В. Лесных, В. И. Макаровым, В. Е. Меркиным, С. М. Мяжковым, В. И. Осиповым, А. Л. Рагозиным, Н. А. Рыхтиковой, В. М. Трбоевичем, Л. Н. Хрусталевым, Е. Е. Alonso, E. N. Bromhead, R. Chowdhury, P. Flentje, J. T. Christian, C. C. Ladd, G. B. Baecher, M. Duncan, M. Navin, Th. F. Wolff, H. H. Einstein, Karim S. Karam, H. El-Ramly, N. R. Morgenstern, W. F. Hassan, S. K. Sarma, J. Norrman, G. Vavrowsky, R. Pottler*, а также другими учеными.

Анализ научных публикаций и практических вопросов эксплуатации ТПТС на оползнеопасных территориях позволил определить основные направления диссертационных исследований. Ниже представлено обоснование защищаемых положений.

Первое защищаемое положение:

Повышение достоверности оценки устойчивости склонов достигается применением расчетных характеристик делювиально-оползневых грунтов на момент смещения оползня, с использованием коэффициентов, отражающих изменчивость прочностных показателей в массиве.

В ходе научных и проектных работ по разработке инженерной защиты транспортно-коммуникационных сооружений на оползнеопасных территориях Черноморского побережья Кавказа (ЧПК), нами проводятся исследования прочностных свойств делювиально-оползневых глинистых отложений. Это связано с тем, что оползни Северного Кавказа преимущественно приурочены к глинистым породам, предрасположенным к деформированию при изменении обстановки.

Согласно «Рекомендациям по инженерно-геологическим изысканиям на оползневых склонах Северного Кавказа с целью их хозяйственного освоения», на исследуемых ТПТС преимущественно развиты оползни скольжения (соскальзывающие – консеквентные),

течения (оползни-оплывины, пластические), сложные (рисунок 2). В пределах территории распространены отложения от средней юры до четвертичного возраста. Нами рассмотрены стратиграфо-генетические комплексы современных отложений: делювиально-оползневых (dpQ_{IV}) и техногенных (tQ_{IV}^c), представленных глинами и суглинками твердыми и полутвердыми, влажными и водонасыщенными, со щебнем и дресвой выветрелых аргиллитов, песчаников до 15%. Коренные породы субстрата представлены серовато-зелеными, буровато-серыми, серыми аргиллитами, малопрочными, трещиноватыми, разной степени выветрелости и аргиллитоподобными глинами.

Для исследования достоверности оценки характеристик грунтов выполнен комплексный анализ устойчивости откосов и склонов. В детерминированных и вероятностных расчетах использованы как «расчетные значения» (ГОСТ 20522), так и данные отдельных испытаний монолитов путем срезов неконсолидированного при водонасыщении и по подготовленной, смоченной поверхности. Изменение свойств грунтов по длине и глубине оползня учитывалось разбивкой продольного профиля на расчетные участки, прилегающие к буровым скважинам, с заданием соответствующих физико-механических показателей.

Расчетные схемы моделировали геометрию склона (откоса) до и после оползневого события. Расчеты выполнены по канадской программе *SLOPE/W* (лицензия № 94573) методом общего предельного равновесия *GLE*. Получены следующие результаты:

1. На основе «расчетных значений» угла внутреннего трения φ и сцепления c , коэффициент устойчивости, как правило, имел величины либо меньшие единицы: $K_y < 1$ (срез по подготовленной поверхности), либо значительно большие единицы: $K_y \gg 1$ (неконсолидированный срез).



Рис. 2. Оползень пластического течения (газопровод высокого давления «Адлер – Красная Поляна»)

2. На примере восточного откоса компрессорной станции (КС) «Краснодарская» (рисунок 3) показано, что предельное равновесие соответствует характеристикам грунта, полученным лабораторным испытанием *двух* монолитов, отобранных из зоны скольжения:

- при моделировании состояния откоса до оползневого события, $K_y=1,03$;
- при моделировании условий, приведших к оползню (в подошве откоса была отрыта траншея под пожарный водовод), $K_y=0,81$.

3. Ввиду неравномерного по физико-механическим свойствам распределения по разрезу делювиально-оползневых грунтов, для расчетов устойчивости продольный профиль оползня целесообразно разбивать на расчетные области соответственно количеству буровых скважин так, чтобы каждая из них оказалась в середине такой области. Характеристики, полученные испытаниями образцов, отобранных из каждой скважины, задаются для области вокруг нее. Вероятностными расчетами на примере оползнеопасного участка 29 трассы газопровода «Россия – Турция» (рисунки 4, 5) показано, что средний $K_y=0,94$ (т. е. близок к 1), а вероятность смещения, $P \approx 81,6\%$, что соответствует фактическому состоянию склона.

4. Выявлена необходимость дальнейших исследований в области определения «расчетных значений» сцепления и угла внутреннего трения оползневого грунта из-за частого несоответствия полученных коэффициентов устойчивости фактическому состоянию склонов и откосов.

Ввиду сквозного обозначения изыскательскими организациями инженерно-геологических элементов (сходные происхождение, состав, возраст), нами объединены данные о механических свойствах грунтов с различных участков. Это дало возможность получить значительную по объему выборку для статистической обработки.

Выявлено следующее:

- среднеквадратичные отклонения σ_x значений угла внутреннего трения, определенных срезом неконсолидированным при водонасыщении (n/k) и по подготовленной, смоченной поверхности (n/n), отличаются, в среднем, в 2 раза (пределы 1,9–2,3):

$$\frac{\sigma_{x n / k}}{\sigma_{x n / n}} \approx 2. \quad (1)$$

- аналогичное соотношение среднеквадратичных отклонений значений сцепления составляет, в среднем 1,5 (1,3–1,6):



Рис. 3. Разрушение восточного откоса на КС «Краснодарская» газопровода «Россия – Турция», в результате открытия в подошве траншеи

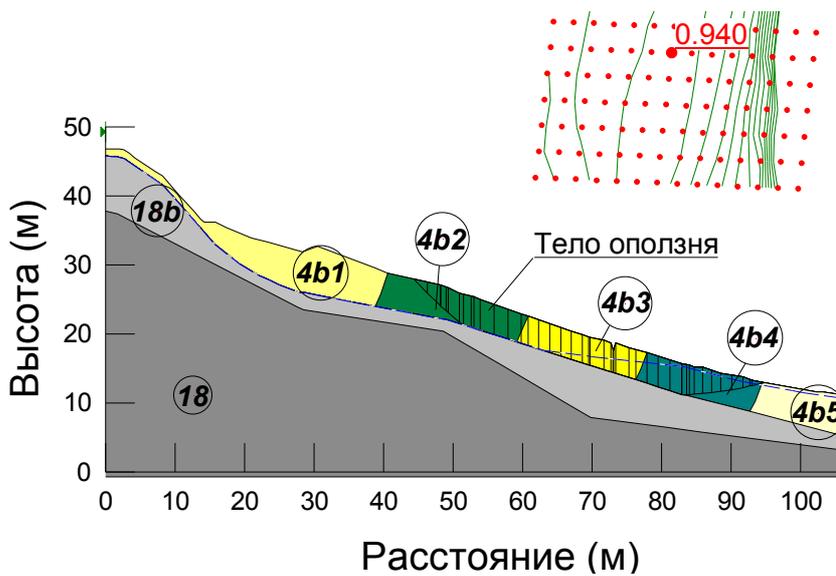


Рис. 4. Оползне-опасный участок 29 трассы газопровода «Россия – Турция»: продольный разрез с разбивкой на пять расчетных областей (4b1–4b5 – суглинок, 18, 18b – аргиллит) по количеству буровых скважин; $K_y = 0,94$

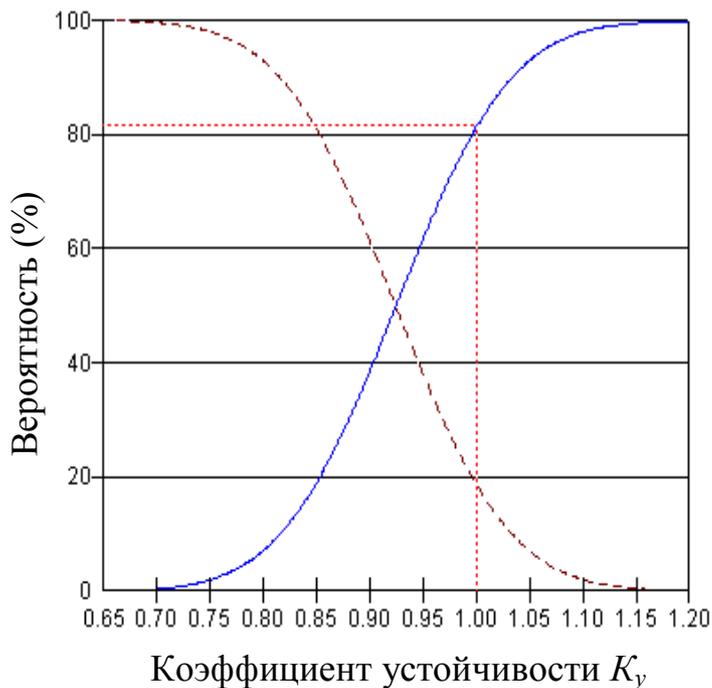


Рис. 5. Интегральная функция распределения величин коэффициента устойчивости K_y (оползне-опасный участок 29):
 Среднее значение: $K_y = 0,94$
 Наименьшее: $K_y = 0,69$
 Наибольшее: $K_y = 1,14$
 Стандартное отклонение: $SD(K_y) = 0,085$
 Индекс надежности: $\beta = -0,9$
 Вероятность смещения: $P = 81,63\%$
 Количество сочетаний: $n = 20000$

$$\frac{\sigma_{xH}/k}{\sigma_{xn}/n} \approx 1,5. \quad (2)$$

- среднеарифметическое значение угла внутреннего трения, полученное срезом по подготовленной, смоченной поверхности, на 49–53% меньше среднеарифметического, определенного срезом неконсолидированным при водонасыщении; для сцепления отличие составляет 63–65%.
- в области подготовленной поверхности прочностные показатели изменяются в меньшем интервале, чем в массиве; это согласуется с мнением других исследователей об отборе монолитов именно из зоны поверхности скольжения и подтверждается результатами выполненных нами расчетов устойчивости.
- регламентированное ГОСТ 20522 количество испытаний «не менее 6-ти» применимо к монолитам, отобранным из области скольжения, но в отношении других участков оползня этого количества недостаточно; наиболее достоверные данные соответствуют не менее 30 испытаниям грунтов, что согласуется с выводами *Н. Н. Маслова* о рациональности 30÷60 экспериментов.

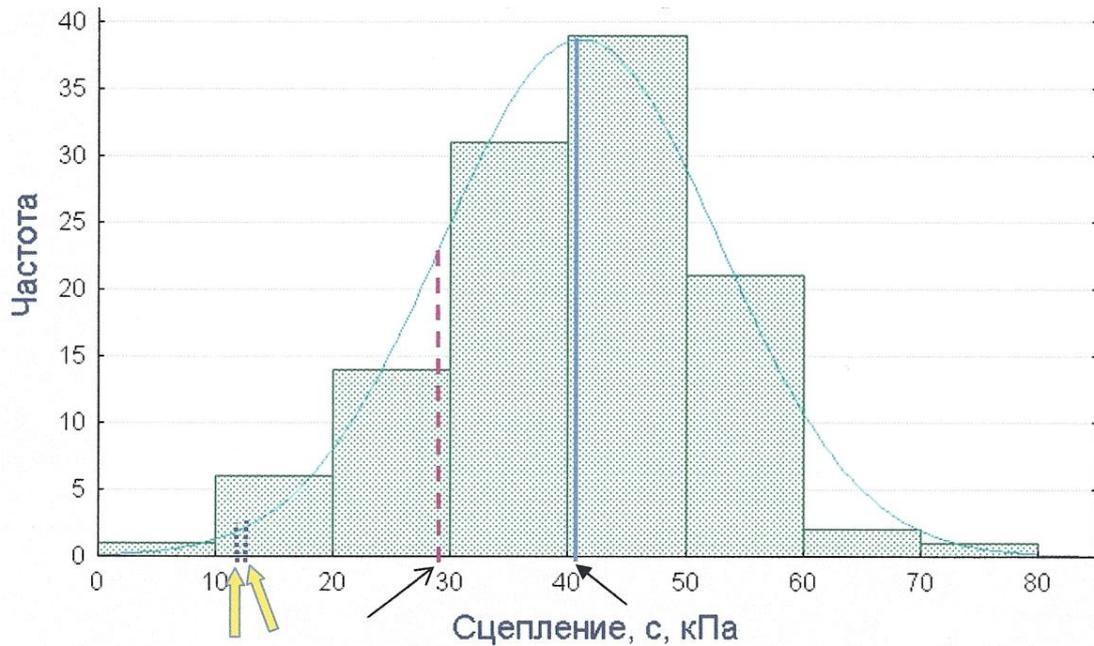
Нами выполнен сопоставительный анализ нормативных и расчетных значений прочностных показателей с результатами обратных расчетов устойчивости, позволивший количественно оценить отличия. Установлено, что соотношение между величинами сцепления, определенными обратным расчетом, и нормативными значениями, соответствующими неконсолидированному срезу при водонасыщении, составляет, в среднем, 0,24 (от 0,19 до 0,32), а для угла внутреннего трения – в среднем, 0,34 (от 0,24 до 0,53).

Аналогично, получено соотношение между величинами сцепления, определенными обратным расчетом, и нормативными значениями, соответствующими срезу по подготовленной, смоченной поверхности: в среднем, 0,68 (от 0,57 до 0,83), а для угла внутреннего трения – в среднем, 0,79 (от 0,64 до 0,86). Пример представлен на рисунке 6. Установленные закономерности явились основой предлагаемой нами методики выполнения детерминированного расчета устойчивости оползнеопасных склонов (рисунок 7).

Для разработки методики вероятностного расчета устойчивости проанализирован диапазон изменчивости нормативных значений сцепления c_n и угла внутреннего трения φ_n исследуемых делювиально-оползневых грунтов. Установлено:

1) при срезе неконсолидированном после водонасыщения:

- c_n изменяются от 34,00 до 48,38 кПа; φ_n – от 9,68 до 22,11°;
- стандартное отклонение SD нормативных значений сцепления: 4,52–6,80; стандартное отклонение SD нормативных значений угла внутреннего трения: 1,34–2,45;
- соотношение между c_n и SD (c_n/SD) находится в пределах 5,98–8,62 (в среднем, $c_n/SD = 6,94$); соотношение между φ_n и SD (φ_n/SD) – от 6,41 до 11,36 (в среднем, $\varphi_n/SD = 7,46$).



Участок 30Б		Участок 30Г	
Лабораторные испытания: срез неконсолидированный при водонасыщении			
↑	нормативные значения		
	$c_n = 41$ кПа	$c_n = 41$ кПа	
↑	расчетные значения при $\alpha = 0,95$ (ГОСТ 20522)		
	$c_I = 29$ кПа	$c_I = 29$ кПа	
Обратный расчет			
↑	$c_{обр.} = 12,5$ кПа	$c_{обр.} = 13,2$ кПа	
Соотношение значений			
	$c_{обр.} / c_n = 0,30$	$c_{обр.} / c_n = 0,32$	

Рис. 6. Сопоставление значений сцепления делювиально-оползневого грунта, полученных лабораторными испытаниями (срез неконсолидированный) и обратным расчетом, на оползнеопасных участках 30Б, 30Г трассы газопровода «Россия – Турция»

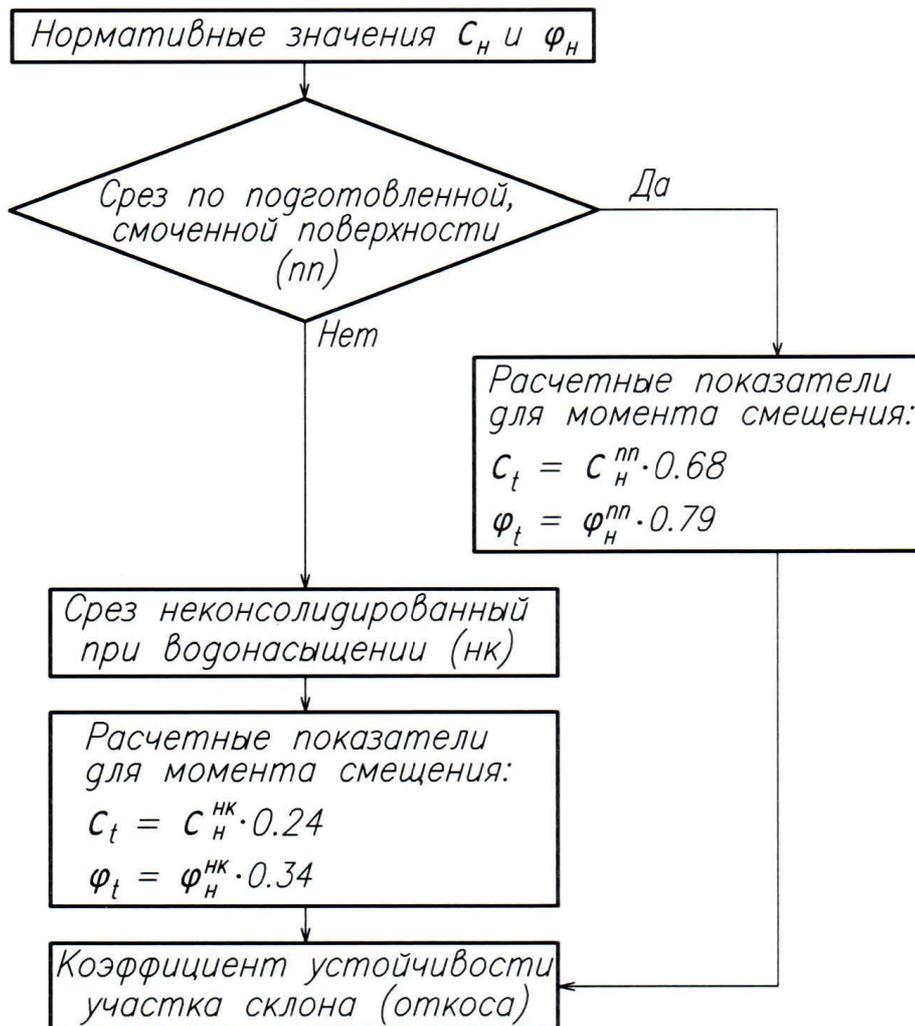


Рис. 7. Блок-схема предлагаемой методики детерминированного расчета устойчивости оползнеопасных склонов

2) при срезе по подготовленной и смоченной поверхности:

- c_n изменяются от 12,96 до 23,47 кПа; φ_n – от 5,15 до 13,00°;
- стандартное отклонение SD нормативных значений сцепления: 2,07–3,65; стандартное отклонение SD нормативных значений угла внутреннего трения: 0,75–1,95;
- соотношение между c_n и SD (c_n/SD) находится в пределах 5,00–7,19 (в среднем, $c_n/SD = 5,62$); соотношение между φ_n и SD (φ_n/SD) – от 6,25 до 10,64 (в среднем, $\varphi_n/SD = 7,14$).

Вычисленные методом линейной интерполяции соотношения между SD и расчетными показателями для момента смещения c_t и φ_t (рисунок 7), в среднем, соответствуют соотношениям между SD и нормативными значениями c_n и φ_n , полученными срезом по подготовленной и смоченной поверхности:

$$c_t/SD \approx c_n^{nn}/SD; \quad (3)$$

$$\varphi_t/SD \approx \varphi_n^{nn}/SD. \quad (4)$$

Поэтому, для выполнения вероятностных расчетов устойчивости склонов в качестве исходных данных целесообразно использовать стандартные отклонения, в среднем, определяемые как:

$$SD_{ct} = c_t / 5,62; \quad (5)$$

$$SD_{\varphi t} = \varphi_t / 7,14. \quad (6)$$

Соответствующая методика приведена на блок-схеме (рисунок 8).

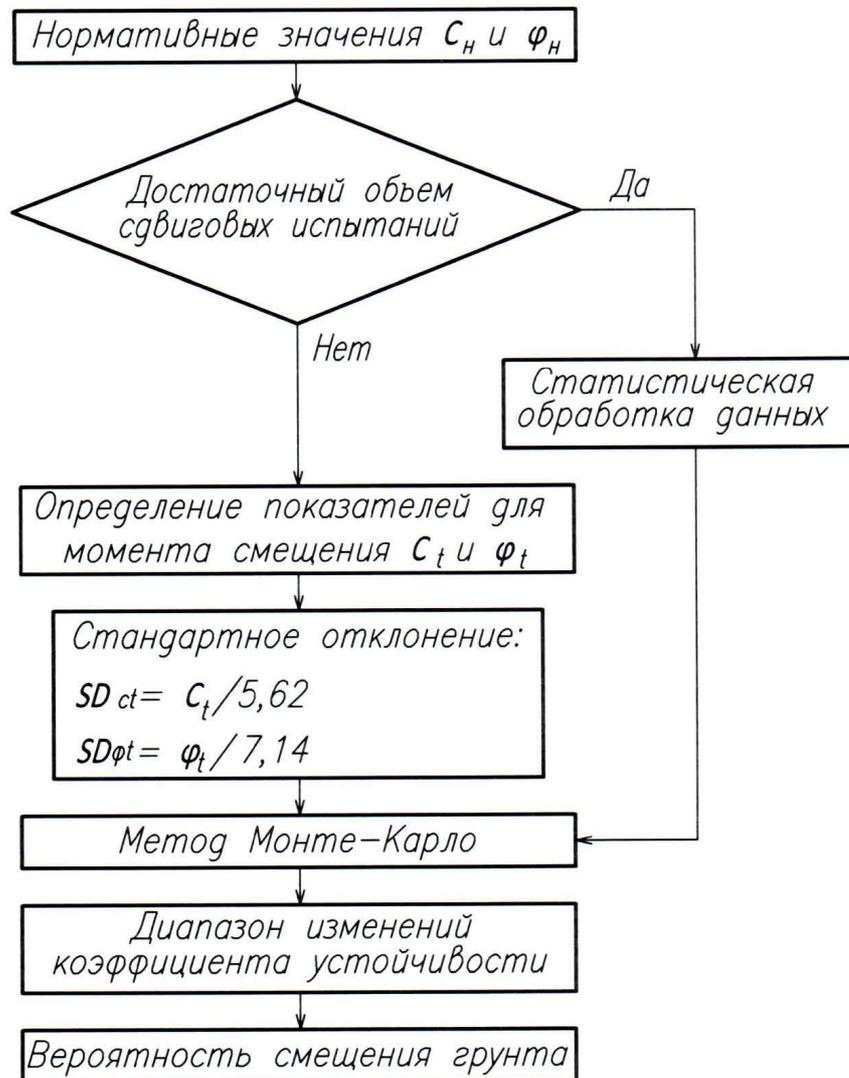


Рис. 8. Блок-схема предлагаемой методики вероятностного расчета устойчивости оползнеопасных склонов

Результаты исследований вошли в состав двух отраслевых дорожных методических документов: ОДМ 218.2.006-2010. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог; ОДМ 218.2.033-2013. Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог.

Второе защищаемое положение:

Разработанная классификация взаимосвязей компонентов транспортных природно-технических систем (ТПТС) и техногенно-природных воздействующих факторов, вызывающих деформации склонов, откосов, насыпей и расположенных на них транспортно-коммуникационных сооружений, позволяет оценить оползневую опасность. Предложенная на основе классификации структурная схема ТПТС учитывает способы устройства линейных сооружений на оползнеопасных территориях и включает в себя полный комплекс природных и техногенных компонентов (объектов и их элементов), испытывающих воздействия факторов.

Строительство и эксплуатация ТПТС в горных районах осуществляются в сложных геоморфологических, гидрогеологических, литологических условиях: и природные, и техногенные компоненты испытывают влияние различных факторов. Воздействия могут быть сформированы оползневыми явлениями, флювиальными процессами, ветровой эрозией и т. д., а также активизированы и усилены, в зависимости от способа устройства линейного сооружения на склоне. Нами обследовано более 1500 ТПТС и проанализированы причины деформаций образующих их компонентов. Можно констатировать, что чрезвычайные ситуации вызваны:

- грубым техногенным вторжением без компенсирующих мер;
- несоблюдением условий эксплуатационного содержания.

На основе анализа взаимосвязей компонентов ТПТС и воздействующих техногенно-природных факторов, нами разработана соответствующая классификация (таблицы 1–3). Предусматривая направленность неблагоприятных воздействий на определенные компоненты, она позволяет оценить оползневую опасность, т. е. сложившееся при деятельности человека состояние природы, представляющее угрозу для объектов экономики, в данном случае, транспортно-коммуникационных. Классификация обосновывает необходимость включения в общую схему ТПТС объектов инженерной защиты и созвучна мнению *Г. С. Золотарева* и других исследователей, о том, что для осуществления комплексных мер необходимо учитывать взаимосвязи и взаимообусловленность процессов, направленность в их развитии.

Таблица 1.

Классификация взаимосвязей компонентов авто- (железно-)дорожных ТПТС и воздействующих факторов (фрагмент)

Компоненты и виды взаимосвязей		Воздействующие факторы	
		Техногенный	Природный
Верховой склон с вертикальной планировкой и/или бессточным понижением рельефа		Вертикальная планировка древнеоползневового рельефа	Образование мульд в бессточных понижениях с подпиткой оползневых отложений
Откос с устройством выемки и/или эрозией полускальных грунтов		Устройство выемки без восстановления растительного покрова	Выветривание обнаженных пород, эрозионные процессы
Насыпь с недостаточным уплотнением и/или формированием поверхности смещения		Недостаточное уплотнение возведенной на склоне насыпи	Формирование поверхности смещения на границе с коренным массивом
Насыпь с устройством откоса без водоотвода и/или размывом поверхностными водами		Незарегулированный водоотвод при планировке рельефа	Размыв грунта верхней части низового откоса поверхностными водами
Низовой склон с техногенной наброской и/или формированием поверхности смещения		Сброс мусора, глыб выветрелых пород с верхового склона или откоса выемки	Формирование поверхности скольжения
Дорожное полотно с устройством незащищенного водоотвода и/или инфильтрацией атмосферных вод		Устройство обочин без укрепления стенок и дна кюветов и канав	Инфильтрация атмосферных вод в полотно дороги

Таблица 2.

Классификация взаимосвязей компонентов трубопроводных ТПТС и воздействующих факторов (фрагмент)

Компоненты и виды взаимосвязей	Воздействующие факторы	
	Техногенный	Природный
Склон с устройством срезок и набуханием пород после разгрузки 	Устройство широких срезок для землеройных машин и трубоукладчиков	Уменьшение плотности массива, набухание пород после разгрузки
Насыпь с конструкциями, перекрывающими выходы подземных вод и/или изменением режима увлажнения 	Перекрытие выходов подземных вод массивными конструкциями, возводимыми на выше-расположенном участке склона	Изменение режима увлажнения, замачивание грунтов в зоне разгрузки потока подземных вод
Опоры трубопровода на склоне с устройством подъездной дороги на залесенном участке и/или эрозионными процессами 	Вырубка леса, подрезки под опоры и подъездные дороги-серпантины	Выветривание пород, эрозионные процессы

Таблица 3.

Классификация взаимосвязей компонентов коммуникационных ТПТС и воздействующих факторов (фрагмент)

Компоненты и виды взаимосвязей	Воздействующие факторы	
	Техногенный	Природный
Склон с устройством просеки и/или эрозионными процессами 	Прорубка просек под линиями электропередач	Эрозионные процессы, разупрочняющие и расчленяющие массив
Склон с устройством котлована под фундаменты и/или водонасыщением насыпных грунтов 	Разработка котлована для грибовидных фундаментов без последующего уплотнения грунта	Накопление влаги в грунте

На основе вышесказанного, схема транспортной природно-технической системы на оползнеопасной территории будет включать в себя комплекс компонентов, т. е. природных и техногенных объектов, в том числе инженерную защиту, состоящих из элементов и воспринимающих воздействия факторов. На рисунке 9 представлена структурная схема разреза автодорожной ТПТС.

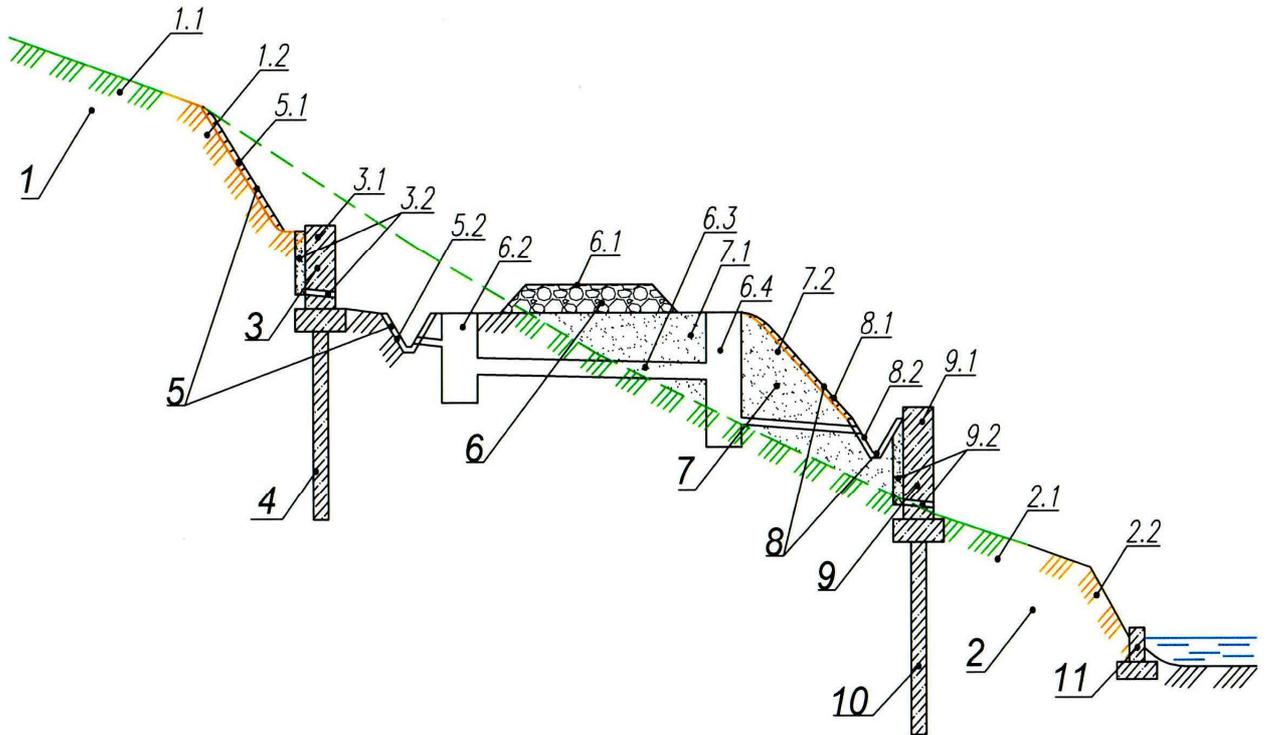


Рис. 9. Структурная схема разреза ТПТС на оползнеопасной территории: объекты ТПТС:

1 – верховой склон, *2* – низовой склон, *3* – верховая подпорная стена, *4* – верховое удерживающее сооружение, *5* – верховые вспомогательные сооружения, *6* – дорожное полотно, *7* – насыпь, *8* – низовые вспомогательные сооружения, *9* – низовая подпорная стена, *10* – низовое удерживающее сооружение, *11* – берегозащитное сооружение

элементы объектов:

1.1 – основной склон, *1.2* – откос, *2.1* – основной склон, *2.2* – откос, *3.1* – конструкция стены, *3.2* – дренаж, *5.1* – противоэрозионная защита, *5.2* – водоотводный лоток, *6.1* – дорожная одежда, *6.2* – верховой колодец, *6.3* – водопропуск, *6.4* – низовой колодец, *7.1* – тело насыпи, *7.2* – откос, *8.1* – противоэрозионная защита, *8.2* – водоотводный лоток, *9.1* – конструкция стены, *9.2* – дренаж

Суть данного защищаемого положения принималась во внимание при разработке ОДМ 218.2.030-2013. Методические рекомендации по оценке оползневой опасности на автомобильных дорогах.

Третье защищаемое положение:

Разработанный метод диагностики ТПТС, включающий оценку уязвимости техногенных объектов и вероятности оползневых событий, позволяет определять экономический риск.

Диагностика ТПТС проводится в процессе эксплуатации линейных сооружений. Основные положения по диагностике и обследованию учтены при разработке ОДМ 218.3.008-2011. Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог.

В условиях протяженности трасс, ограниченности финансирования, сжатых сроках принятия управленческих решений, эксплуатирующим организациям необходимо иметь представление о состоянии ТПТС для целесообразного расходования средств. В связи с этим, основным показателем опасности, установленным в стоимостном выражении ущерба, является экономический риск. Определяющие его параметры приведены в таблице 4. Математически величина экономического риска R при эксплуатации ТПТС представляется как произведение вероятности разрушения P и стоимости C :

$$R = P \cdot C. \quad (7)$$

Таблица 4.

**Параметры экономического риска эксплуатируемых ТПТС
(на примере трассы Майкоп – Туапсе, км 32+000 – км 130+000)**

Расположение объектов	Последствия воздействия оползнеобразующих факторов			
	Кол-во оползней (мощность 0,5–7,0 м)	Кол-во участков с деформациями дорожного полотна	Кол-во подпорных стен в ограниченно-работоспособном и аварийном состояниях	Предварительная стоимость восстановительных работ, млн руб.
Верховое	9	-	3	0,5–8,5
Низовое	36	31	7	3,0–314,0

Вероятность разрушения ТПТС и, следовательно, экономический риск, обусловлены опасностью, определяющейся вероятностью оползневого события на природных объектах и уязвимостью техногенных объектов, с учетом их значимости (относительной доли в обеспечении устойчивости ТПТС):

$$H = \sum_{j=1}^l P_{Lj} \cdot K_{\Pi j} + \sum_{j=1}^k V_{Tj} \cdot K_{Tj}, \quad (8)$$

где H – оползневая опасность на ТПТС;

l – количество природных объектов ТПТС;

P_{Lj} – вероятность оползневого события на j -м природном объекте;

$K_{\Pi j}$ – коэффициент значимости j -го природного объекта ТПТС;

k – количество техногенных объектов ТПТС;

V_{Tj} – уязвимость j -го техногенного объекта;

K_{Tj} – коэффициент значимости j -го техногенного объекта ТПТС.

Как правило, реализация оползневого события на низовых откосах и склонах сопровождается захватом в смещение и разрушением участка дороги, полки трубопровода, опор ВЛ, в то время, как последствия верховых подвижек ограничиваются очисткой проезжей части или полки от напольшего грунта. Кроме того, из-за стесненности горных условий, устройство инженерной защиты с низовой стороны транспортного сооружения требует бóльших объемов работ и использования специальной техники, что существенно увеличивает стоимость низовых сооружений по сравнению с верховыми. Таким образом, значимость низовых объектов и их влияние на экономический риск выше, чем верховых.

Вероятность оползневого события (P_{Lj}) и уязвимость (V_{Tj}) объектов предлагается определять интегрированием баллов оценки состояния или повреждений элементов с учетом их веса (относительной доли в функционировании объекта):

$$P_{Lj} = \sum_{i=1}^n (B_{ij} / 100\%) \cdot W_{\Pi ij}, \quad (9)$$

где n – количество элементов j -го природного объекта;

B_{ij} – балл оценки состояния i -го элемента j -го природного объекта;

$W_{\Pi ij}$ – весовой коэффициент i -го элемента j -го природного объекта.

$$V_{Tj} = \sum_{i=1}^m (D_{ij} / 100\%) \cdot W_{Tij}, \quad (10)$$

где m – количество элементов j -го техногенного объекта;

D_{ij} – балл оценки повреждений i -го элемента j -го техногенного объекта;

W_{Tij} – весовой коэффициент i -го элемента j -го техногенного объекта.

На основе обследований более 1500 ТПТС автором предложена количественная вероятностная оценка воздействия факторов на элементы природных и техногенных объектов, приведенная в таблицах 5, 6. Величина балла оценки состояния B_{ij} и балла оценки повреждений D_{ij} получена на основе эмпирического и экспертного методов и зависит от интенсивности проявления воздействия факторов и технического состояния элементов природных или техногенных объектов. Процент повреждений фиксируется в дефектной ведомости при натурных обследованиях элементов объектов, согласно ГОСТ 31937-2011.

Для определения весовых коэффициентов элементов решены системы из двух (четырех) линейных уравнений, в зависимости от количества элементов в объекте (рисунок 9). Коэффициентами при неизвестных являются баллы оценки (таблицы 5, 6). Правые части уравнений представляют собой, соответственно, вероятность оползневого события (для природных объектов) или уязвимость (для техногенных). Уязвимость определяется по техническому состоянию техногенных объектов, а вероятность оползневого события – при выполнении обратных и вероятностных расчетов устойчивости склонов, на которых ранее проводились изыскания и известны параметры грунтов.

Для *техногенных* элементов система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} D_{1,1}x_1 + D_{1,2}x_2 = V_1; \\ D_{2,1}x_1 + D_{2,2}x_2 = V_2, \end{cases} \quad (11)$$

где $D_{1,1}$ – балл оценки повреждений первого элемента первого объекта ТПТС;

$D_{1,2}$ – балл оценки повреждений второго элемента первого объекта;

$D_{2,1}$ – балл оценки повреждений первого элемента второго (аналогичного) объекта;

$D_{2,2}$ – балл оценки повреждений второго элемента второго (аналогичного) объекта;

x_1 – весовой коэффициент первого элемента объекта;

x_2 – весовой коэффициент второго элемента объекта;

V_1 – уязвимость первого объекта ТПТС;

V_2 – уязвимость второго (аналогичного) объекта.

Для *природных* элементов система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} B_{1,1}y_1 + B_{1,2}y_2 = P_{L1}; \\ B_{2,1}y_1 + B_{2,2}y_2 = P_{L2}, \end{cases} \quad (12)$$

Таблица 5.

Вероятностная оценка воздействия факторов на элементы природных объектов ТПТС

Объект воздействия	Описание воздействия факторов на элементы объекта	Балл оценки, состояния, $B, \%$
1. Верховой склон	1.1. Наличие растительности, слабая расчлененность рельефа, блюдца замочания, на отдельных участках грунт влажный	0÷30
	1.2. Перечисленные в п. 1.1 и/или: участки застоя воды, участки отсутствия растительности, выходы выветрелых пород, бровки срыва грунта, эрозионные борозды, оплывины, осыпи	30÷70
	1.3. Перечисленные в п. 1.1 и/или п. 1.2 и/или: рельеф расчленен эрозионными промоинами, глубиной >0,5 м, стенки срыва высотой >0,5 м, «пьяный лес», оползневые накопления в подошве, рыхлый, водонасыщенный грунт, незарегулированный водоток в подошве, выходы струйных течений, мульда, утечки хозяйственно-бытовых вод	70÷100
2. Низовой склон	2.1. Наличие растительности, слабая расчлененность рельефа, блюдца замочания, на отдельных участках грунт влажный	0÷30
	2.2. Перечисленные в п. 2.1 и/или: влаголюбивая растительность, участки застоя воды, влажный грунт, участки отсутствия растительного покрова, участки обнаженных полускальных пород, трещины набухания-усадки, балочные понижения, оползневые ступени, оплывины, наличие продуктов выветривания	30÷70
	2.3. Перечисленные в п. 2.1 и/или п. 2.2 и/или: боковая эрозия водотока на расстоянии <30 м от оси дороги, «пьяный лес», трещины отрыва, стенки срыва грунта, оползневые цирки, рыхлый и водонасыщенный грунт, выходы на поверхность струйных течений подземных вод, утечки из коммуникаций, размыв откоса незарегулированным сбросом поверхностных и/или хозяйственно-бытовых вод, хозяйственное освоение (сады, огороды и т. п.)	70÷100

Таблица 6.

Вероятностная оценка технического состояния элементов техногенных объектов ТПТС

Объект воздействия	Техническое состояние элементов	Балл оценки повреждений, D , %
1. Дорожное полотно	1.1. Единичные трещины, сетка мелких трещин на проезжей части и/или обочине; нормативное или работоспособное состояние водопропуска, верхового и низового колодцев	0÷30
	1.2. Перечисленные в п. 1.1 и/или: разноориентированные трещины, выбоины в покрытии, участки застоя воды; ограниченно-работоспособное состояние водопропуска, верхового и низового колодцев	30÷70
	1.3. Перечисленные в п. 1.1 и/или п. 1.2 и/или: трещины отрыва, просадка, оседание, разрушение дорожного покрытия; аварийное состояние водопропуска, верхового и низового колодцев	70÷100
2. Прочие объекты	2.1. Нормативное, работоспособное	0÷30
	2.2. Ограниченно-работоспособное	30÷70
	2.3. Аварийное	70÷100

где $B_{1,1}$ – балл оценки состояния первого элемента первого объекта ТПТС;

$B_{1,2}$ – балл оценки состояния второго элемента первого объекта;

$B_{2,1}$ – балл оценки состояния первого элемента второго (аналогичного) объекта;

$B_{2,2}$ – балл оценки состояния второго элемента второго объекта;

y_1 – весовой коэффициент первого элемента объекта,

y_2 – весовой коэффициент второго элемента объекта,

P_{L1} – вероятность оползневого события на первом объекте ТПТС,

P_{L2} – вероятность оползневого события на втором (аналогичном) объекте.

Коэффициенты значимости объектов ТПТС, в соответствии со схемой (рисунок 9), определяются решением системы из одиннадцати линейных уравнений. Коэффициентами при неизвестных являются вероятность оползневого события на природных и уязвимость техногенных объектов. В правых частях уравнений представлены вероятности разрушения ТПТС, вычисленные «обратным расчетом»

на участках, где произошли оползневые события. Для этого, с применением метода «обратных расчетов», в программном комплексе *GeoStudio* получены коэффициенты устойчивости и вероятности обрушения на ТПТС, где были отмечены деформации объектов.

Система линейных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} P_{L1,1}z_1 + P_{L1,2}z_2 + V_{1,3}z_3 + V_{1,4}z_4 + \dots + V_{1,11}z_{11} = H_1; \\ P_{L2,1}z_1 + P_{L2,2}z_2 + V_{2,3}z_3 + V_{2,4}z_4 + \dots + V_{2,11}z_{11} = H_2; \\ \dots \\ P_{L11,1}z_1 + P_{L11,2}z_2 + V_{11,3}z_3 + V_{11,4}z_4 + \dots + V_{11,11}z_{11} = H_{11}, \end{cases} \quad (13)$$

где $P_{L1,1}, P_{L1,2}$ – вероятности оползневых событий на природных объектах первой ТПТС;

$P_{L2,1}, P_{L2,2}$ – вероятности оползневых событий на природных объектах второй ТПТС;

$P_{L11,1}, P_{L11,2}$ – вероятности оползневых событий на природных объектах 11-й ТПТС;

$z_1 \dots z_{11}$ – коэффициенты значимости объектов ТПТС;

$V_{1,3}, V_{1,4} \dots V_{1,11}$ – уязвимости техногенных объектов первой ТПТС;

$V_{2,3}, V_{2,4} \dots V_{2,11}$ – уязвимости техногенных объектов второй ТПТС;

$V_{11,3}, V_{11,4} \dots V_{11,11}$ – уязвимости техногенных объектов 11-й ТПТС;

$H_1 \dots H_{11}$ – оползневая опасность на соответствующих ТПТС.

С целью осреднения значений коэффициентов веса и значимости, расчеты выполнены многократно для разных объектов и разных ТПТС. В таблице 7 приведены параметры, полученные автором с учетом анализа деформаций и характера разрушений более 1500 ТПТС ЧПК. Таблица универсальна, учитывает наличие полного комплекса объектов (рисунок 9). Так как по составу ТПТС различны, вероятность разрушения конкретной представим в виде:

$$P = H \cdot K_o, \quad (14)$$

где K_o – коэффициент увеличения значимости объектов ТПТС:

$$K_o = \frac{1}{\sum_{j=1}^l K_{Ij} + \sum_{j=1}^k K_{Tj}}. \quad (15)$$

Таблица 7.

Параметры веса и значимости компонентов ТПТС

Объект ТПТС		Элементы объекта	Весовой коэффициент элемента объекта (W_{II} , W_T)	Коэффициент значимости объекта ТПТС (K_{II} , K_T)
Природные объекты	1. Верховой склон	1.1 основной склон 1.2 откос	0,8 0,2	0,001
	2. Низовой склон	2.1 основной склон 2.2 откос	0,8 0,2	0,002
Техногенные объекты	3. Верховая подпорная стена	3.1 конструкция стены 3.2 дренаж	0,8 0,2	0,032
	4. Верховое удерживающее сооружение		1,0	0,388
	5. Верховые вспомогательные сооружения	5.1 противозэрозийная защита 5.2 водоотводный лоток	0,4 0,6	0,006
	6. Дорожное полотно	6.1 дорожная одежда 6.2 верховой колодец 6.3 водопропуск 6.4 низовой колодец	0,3 0,2 0,2 0,3	0,002
	7. Насыпь	7.1 тело насыпи 7.2 откос	0,6 0,4	0,009
	8. Низовые вспомогательные сооружения	8.1 противозэрозийная защита 8.2 водоотводный лоток	0,4 0,6	0,007
	9. Низовая подпорная стена	9.1 конструкция стены 9.2 дренаж	0,8 0,2	0,051
	10. Низовое удерживающее сооружение		1,0	0,463
	11. Берегозащитное сооружение		1,0	0,039

На рисунке 10 представлена блок-схема расчета экономического риска на эксплуатируемых ТПТС.

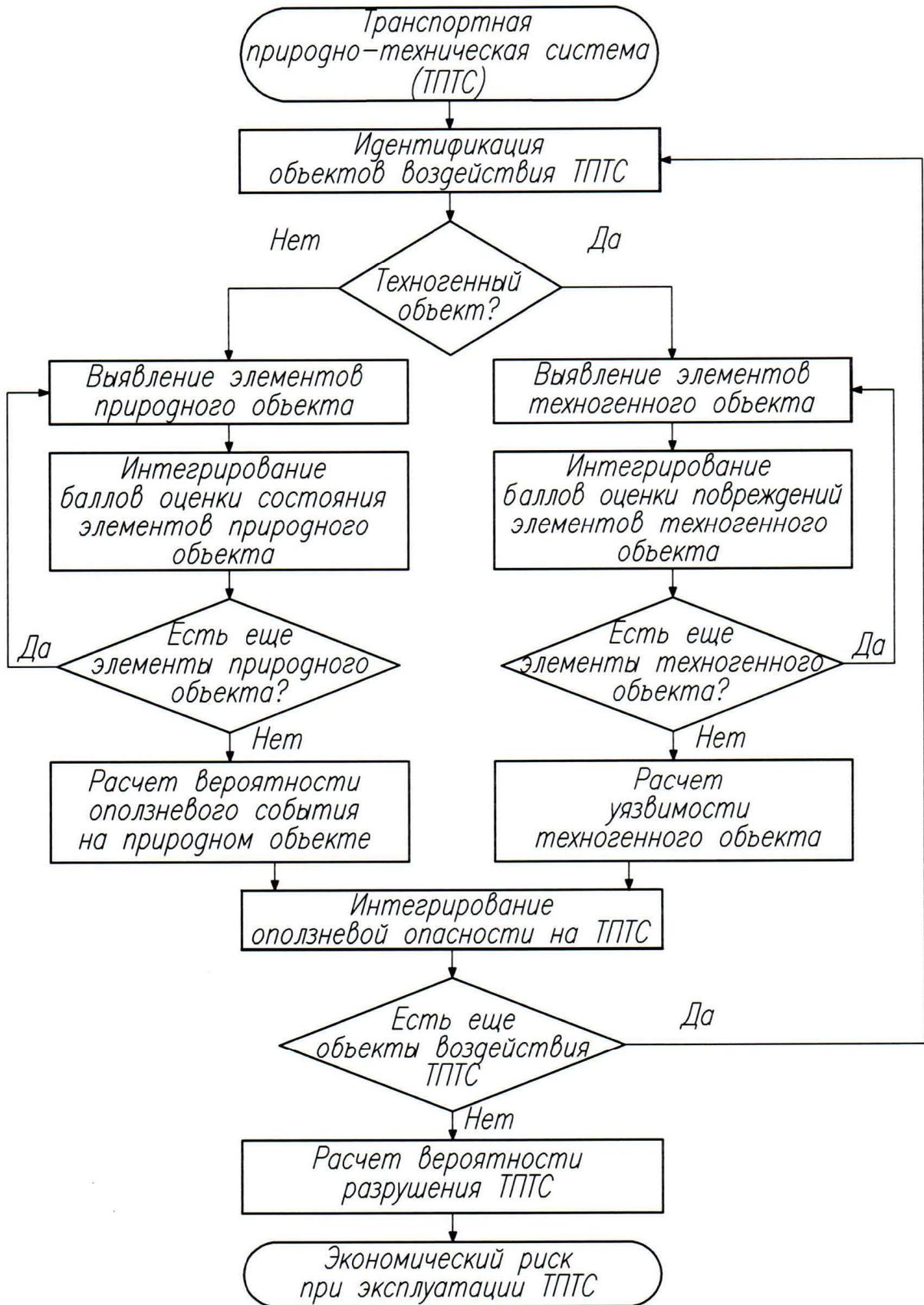


Рис. 10. Блок-схема расчета экономического риска при эксплуатации ТПТС

Четвертое защищаемое положение:

Предложенная типизация вариантов взаимодействия автомобильных, железных дорог, трубопроводов, опор ВЛ с оползнями, учитывающая конкретное расположение ТПТС на склоне и возможные проявления оползневых воздействий, позволяет принимать принципиальные управленческие решения инженерной защиты.

Протяженность линейных сооружений достигает сотни километров, при этом управление экономическим риском в условиях оползневой опасности подразумевает необходимость одновременного принятия и реализации обоснованных решений на различных ТПТС в сжатые сроки. Для обоснования принципиальных управленческих решений инженерной защиты разработана типизация вариантов взаимодействий автомобильных, железных дорог, трубопроводов, опор ВЛ с оползнями, учитывающая их взаимное расположение и возможные проявления оползневого воздействия (таблицы 8–10). Предварительно проанализированы способы устройства линейных сооружений на склонах, эффективность различных видов мероприятий. Выявлено:

1. Авто- (железно)дорожные ТПТС:

1.1. Вдоль дороги, устроенной в *полувыемке-полунасыпи*, выделяются различные по механизму, глубине, масштабу и причинам формирования оползневые подвижки на:

- верховом природном склоне;
- верховом (обнаженном) откосе выемки;
- низовом насыпном откосе;
- низовом природном склоне.

1.2. Устройство дороги в *выемке* требует значительных подрезок и строительства мощных подпорных стен, типа свайно-анкерных (примерами являются Обход г. Сочи, транспортная развязка Агура). Вертикальная планировка рельефа способствует развитию оползней-обвалов, например, из-за накопления мульды в бессточных понижениях (ПК5+80–ПК9+20 автомобильной дороги Майкоп–Туапсе). В условиях наклонного залегания полускальных пород возможны блоковые оползни-скольжения.

1.3. При устройстве дороги в *насыпи*, подвижки могут возникать по контуру откоса, где грунт недоуплотнен, в теле насыпи (по

круглоцилиндрической поверхности), по контакту с грунтами склона.

2. Трубопроводные ТПТС:

2.1. При продольном расположении полки относительно оползня (совпадающем с его направлением) на трубопровод воздействуют касательные напряжения.

2.3. При перпендикулярном расположении воздействие на трубопровод происходит за счет фронтального оползневого давления.

Таблица 8.

Типизация взаимодействий оползня с объектами авто- (железно-)дорожных ТПТС

Расположение дороги	Возможные проявления оползневого воздействия	Рекомендации
На участке полувыемки	<ul style="list-style-type: none"> – Оползни-оплывины на обнаженных откосах полувыемки; – оползни-оплывины на склоне выше полувыемки; – оползни пластического течения на откосах выемки с регрессивным захватом вышележащих пород склона; – скопления сместившегося грунта на обочине; – завал сместившимся грунтом проезжей части дороги 	<ul style="list-style-type: none"> – устройство улавливающих стен или стен, рассчитанных на откосное давление грунта; – строительство многоярусных свайных рядов в различных частях оползня
На участке полунасыпи	<ul style="list-style-type: none"> – фронтальные поверхностные смещения насыпного грунта низового откоса по контакту с грунтами природного сложения; – смещения насыпного грунта с захватом или без захвата грунтов природного сложения *; – отдельные участки смещения грунтов в результате создания дополнительного техногенного слоя из сбрасываемых продуктов выветривания и мусора; – формирование трещин отрыва на обочине или проезжей части; – деформации полотна дороги 	<ul style="list-style-type: none"> – Соблюдение проектных уклонов насыпи; – запрет сброса хозяйственно-бытовых вод и продуктов выветривания с верхового откоса; – строительство удерживающих сооружений, рассчитанных на оползневое давление грунта; – защита от воздействия боковой эрозии

* Смещения могут быть обусловлены:

- размывом откоса незарегулированным потоком поверхностных вод;
- сбросом на откос хозяйственно-бытовых вод;
- воздействием реки в подошве склона.

Окончание таблицы 8

Расположение дороги	Возможные проявления оползневого воздействия	Рекомендации
На участке выемки	– Скольжение блоков слоистых пород, залегающих согласно с направлением и крутизной склона; – оползни-обвалы на обнаженных откосах выемки; – оползни-потоки на склоне выше выемки; – завал проезжей части оползневыми накоплениями, в том числе, с включениями глыб	– Строительство свайных или свайно-анкерных одно- или многоярусных удерживающих сооружений с расчетным заглублением ниже плоскости скольжения; – строительство подпорных стен; – строительство противообвального сооружения; – осушение массива
На участке насыпи	– Поверхностные смещения слабоуплотненного насыпного грунта по контуру откоса; – смещение насыпного грунта по круглоцилиндрической поверхности со стенкой срыва на полотне дороги; – смещения насыпного грунта с захватом грунтов природного сложения; – разрушение полотна дороги	– армирование насыпи; – строительство удерживающего сооружения, рассчитанного на оползневое давление грунта
Эстакадный вариант	Давление оползневого грунта на опоры эстакады	Строительство защитных отдельно стоящих сооружений, рассчитанных на давление обтекания грунта

Примечание.

Во всех вариантах необходимо выполнение противозерозионной защиты и водоотводных мероприятий, в т. ч. каптажа на участках выхода подземных вод.

3. Коммуникационные ТПТС:

3.1. Для высоковольтных линий электропередач основную опасность представляет воздействие оползневого процесса на опоры.

3.2. Наиболее активные процессы, подготавливающие подвижки грунта и деформации опор, протекают на контакте основания их фундаментов с грунтом естественного сложения.

3.3. Ввиду точечного распространения опор, укрепление всего оползневого массива нецелесообразно. Как правило, достаточно устройства локальных защитных сооружений, обтекаемых грунтом.

Таблица 9.**Типизация взаимодействий оползня с объектами трубопроводной ТПТС**

Расположение трубопровода	Возможные проявления оползневого воздействия	Рекомендации
Перпендикулярно оползню	– Обтекание грунтом трубопровода; – деформации трубопровода	– Надземная прокладка трубы; – расчет трубопровода на давление обтекания грунта; – строительство противооползневого сооружения
Вдоль оползня	– Воздействие касательных напряжений; – вертикальные деформации трубы (провисание над поверхностью скольжения)	– Устройство анкеров, якорей, свайных опор выше или ниже (в плане) по склону; – противозэрозийная защита (устройство противозэрозийных перемычек)

Таблица 10.**Типизация взаимодействий оползня с объектами коммуникационной ТПТС**

Расположение опоры	Возможные проявления оползневого воздействия	Рекомендации
Вблизи бровки срыва оползня выше по склону	– Захват грунтов основания фундаментов при регрессивном развитии оползня; – потеря устойчивости и опрокидывание опоры	– Установка опоры на свайный фундамент; – строительство свайного противооползневого сооружения; – вынос опоры на новое место
В средней части или языке оползня	Смещение фундаментов опоры вместе с массивом	Устройство выше опоры (в плане) свайного сооружения в виде двугранного угла, обтекаемого оползневым грунтом
На боковой границе оползня	– Неравномерные нагрузки на фундаменты; – поворот, перекосы опоры; – потеря устойчивости	Устройство стенки, отклоняющей оползневой грунт

Исследования использованы при разработке ОДМ 218.2.026-2012. Методические рекомендации по расчету и проектированию свайно-анкерных сооружений инженерной защиты автомобильных дорог и ОДМ 218.2.027-2012. Методические рекомендации по расчету и проектированию армогрунтовых подпорных стен на автомобильных дорогах.

Пятое защищаемое положение:

Мониторинг на активных оползневых участках ТПТС следует проводить до выполнения изысканий, с целью определения объемов проектно-изыскательских работ и предварительной стоимости инженерной защиты.

Геотехнический мониторинг – неотъемлемое звено в управлении риском, о чем свидетельствуют научные публикации, практика строительства и эксплуатации. Федеральным законодательством и нормативными документами (Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009, ГОСТ Р 22.1.02-95, СП 47.13330.2010 и др.) проведение мониторинга предусмотрено (хотя и не всегда обязательно):

- 1) в процессе инженерных изысканий;
- 2) при проектировании;
- 3) в период строительства и начальный период эксплуатации зданий и сооружений;
- 4) в течение всего эксплуатационного периода.

В соответствии с СП 116.13330.2012, на территориях развития опасных инженерно-геологических процессов геотехнический мониторинг представляет собой единую систему, включающую:

- комплексные наблюдения за процессами, эффективностью инженерной защиты, состоянием сооружений и территорий;
- анализ результатов наблюдений, расчетов и моделирования, а также соответствующие рекомендации;
- проектирование и осуществление дополнительных мероприятий, обеспечивающих надежность сооружений.

Анализ инженерно-геологических условий ТПТС ЧПК показал, что на участках активного развития оползневых процессов мониторинг не только необходим, но и должен предусматриваться до выполнения изысканий на инженерную защиту. Рассмотрим автодорожную ТПТС на участке обхода г. Сочи, км 3+225 – км 3+900 (рисунки 11), в которой выделены оползни различного порядка.

При реконструкции дороги, в 2012 г. для принятия решений инженерной защиты реализована программа геотехнического мониторинга. Предусмотрены: грунтовые репера и геодезические марки – для наблюдений за поверхностными перемещениями; инклинометрические скважины – для определения глубинных перемещений; скважины измерения уровня грунтовых вод (УГВ).



Рис. 11. Автодорожная ТПТС на обходе г. Сочи, км 3+225 – км 3+900 (2012 г.)

Рассмотрены мероприятия инженерной защиты (рисунок 12):

Вариант 1. Одноярусное противооползневое сооружение, длиной 675 м, состоящее из:

- 3-х рядов буронабивных свай, длиной 35 м, диаметром 1500 мм, расположенных с шагом 3500 мм в ряду и 3000 мм между рядами, объединенных монолитным железобетонным ростверком, высотой 1200 мм, шириной 8300 мм;
- монолитной железобетонной стены толщиной 400 мм.

Вариант 2. Аналогичное варианту 1 по параметрам противооползневое сооружение, усиленное контрбанкетом и одним рядом анкерных свай типа Titan, длиной 60 м, установленных с шагом (в плане) 3500 мм;

Вариант 3. Три яруса противооползневых сооружений, предусмотренные, соответственно, в головной, средней и языковой частях оползневого массива. Каждый ярус состоит из противооползневого сооружения, аналогичного по параметрам варианту 1 и усиленного одним рядом анкерных свай типа Titan, длиной 60 м, установленных с шагом (в плане) 3500 мм.

Выполнены расчеты конструкций и устойчивости склона на основное (транспортная нагрузка) и особое (сейсмичность 9 баллов) сочетания нагрузок. Определены оползневые давления на проектируемые сооружения. На основе комплексного анализа имеющихся данных изысканий, геотехнического мониторинга, расчетов различных вариантов защитных конструкций установлено:

- оползни периодически активизируются;
- поверхность скольжения глубокого оползня расположена на глубине около 42-х м;
- строительство удерживающих сооружений не обеспечит устойчивость склона и безопасность эксплуатации ТПТС.

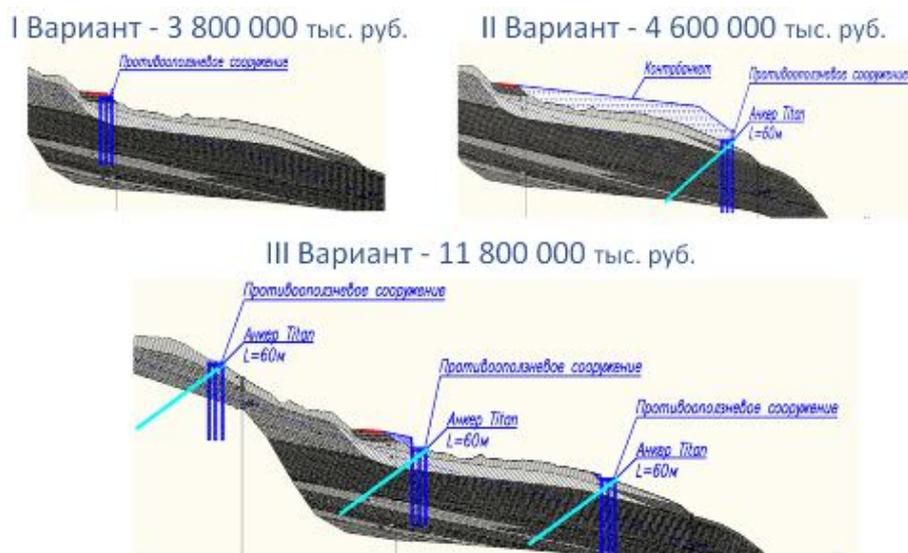


Рис. 12. Варианты и стоимость противооползневых сооружений на автодорожной ТПТС обхода г. Сочи, км 3+225 – км 3+900

Рациональными решениями в сложившейся ситуации являются:

- продолжить мониторинг оползневых процессов;
- в соответствии с получаемыми данными разрабатывать принципиальные решения по реконструкции автомобильной дороги;
- реализовать мероприятия по организации дорожного движения с учетом развития деформаций автомобильной дороги;
- в первую очередь выполнить мероприятия по осушению склона;
- рассмотреть вариант обхода данного оползневого участка путем строительства эстакады в долине р. Цанык.

Таким образом, проведение мониторинга до выполнения изысканий на инженерную защиту может выявить нерациональность ее устройства, обосновать в процессе реконструкции альтернативные варианты расположения трасс, оптимизировать расходы. Экономическая целесообразность первоначального проведения геотехнического мониторинга также обосновывается использованием получаемых результатов при последующем выполнении инженерно-геологических изысканий и уточнением объемов работ.

ВЫВОДЫ

На основе выполненных научных исследований предложены решения проблемы снижения экономического риска при эксплуатации транспортных природно-технических систем в оползнеопасных районах:

1. Для выполнения детерминированных и вероятностных расчетов устойчивости склонов на участках возможного возникновения вторичного оползневого смещения по механизму течения

с целью последующего определения величины оползневого давления и проектирования сооружений инженерной защиты, обоснован метод вычисления прочностных показателей делювиально-оползневых грунтов.

Регламентированное ГОСТ 20522 шестикратное количество испытаний дает корректные результаты при условии, что образцы отобраны из области поверхности смещения. В других случаях требуется не менее 30 испытаний, а значения сцепления и угла внутреннего трения целесообразно уточнять на основе предлагаемых методик, учитывающих соотношения между нормативными значениями и величинами, полученными обратными расчетами.

Продольный профиль оползневого массива рекомендуется разбивать на участки, прилегающие к буровым скважинам, и задавать соответствующие физико-механические показатели, что позволяет учитывать изменение свойств грунтов по длине и глубине оползня.

2. Классифицированы взаимосвязи компонентов транспортных природно-технических систем и техногенно-природных воздействующих факторов, вызывающих деформации склонов, откосов, насыпей и расположенных на них транспортно-коммуникационных сооружений. Предложенная на основе классификации структурная схема ТПТС учитывает способы устройства линейных сооружений на оползнеопасных территориях и включает в себя полный комплекс природных и техногенных компонентов (объектов и их элементов), испытывающих воздействия факторов.

3. Предложенный метод оценки вероятности разрушения, а, следовательно, и экономического риска ТПТС позволяет оптимизировать сроки и трудозатраты на проведение изысканий и проектирование инженерной защиты, обосновать управленческие решения на различных участках в сжатые сроки и основан на следующих положениях:

- возникновение экономического риска обусловлено оползневой опасностью, определяющейся уязвимостью техногенных и вероятностью оползневого события природных объектов, каждый из которых имеет свою значимость (относительную долю) в обеспечении устойчивости ТПТС;
- вероятность оползневого события и уязвимость объектов зависят от состояния (повреждений) элементов, каждый из которых имеет свой вес (относительную долю) в функционировании объекта;

- состояние природных и повреждения техногенных элементов на момент обследования предлагается оценить баллами, соответствующими интенсивности проявления воздействий факторов на природных и техническому состоянию техногенных объектов;
- коэффициенты веса и значимости компонентов определены решением систем линейных уравнений с использованием экспертных оценок состояния более 1500 ТПТС.

4. Уменьшение экономического риска при эксплуатации ТПТС достигается реализацией управленческих решений до развития чрезвычайных ситуаций, особенно на низовых склонах транспортно-коммуникационных сооружений, т. к.:

- оползневые события на низовых откосах и склонах, как правило, сопровождаются захватом в смещение участка дороги, полки трубопровода, опор ВЛ, в то время, как последствия верховых подвижек ограничиваются очисткой сооружения от напавшего грунта;
- ввиду стесненности горных условий, для устройства инженерной защиты с низовой стороны требуются большие объемы работ и трудоемкость, а также использование специальной техники, что увеличивает стоимость низовых защитных сооружений по сравнению с верховыми.

5. На основе предложенной типизации вариантов взаимодействия автомобильных, железных дорог, трубопроводов, опор ВЛ с оползнями, предложены принципиальные управленческие решения, зависящие от конкретного расположения ТПТС на склоне и возможных проявлений оползневых воздействий.

6. На участках активного развития оползневых процессов мониторинг, являющийся необходимым мероприятием при управлении риском, следует начинать до проведения изысканий, т. к.:

- в ходе наблюдений уточняются виды и объемы проектно-изыскательских работ, а, следовательно, и их стоимость;
- результаты проведения мониторинга позволяют рассмотреть альтернативные варианты расположения ТПТС, если устройство удерживающих сооружений не обеспечивает ее устойчивости.

7. Научная и практическая значимость представленных разработок подтверждается их успешным применением при проектировании и строительстве инженерной защиты, а также для оценки и управления экономическим риском эксплуатируемых транспортных природно-технических систем на оползнеопасных территориях.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные статьи в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ

1. Оползневая опасность и риск смещений грунтов на склонах / С. И. Маций, **Е. В. Безуглова** // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2007. – № 6. – С. 537–546.
2. О причинах развития оползней на откосах автомобильных дорог / **Е. В. Безуглова**, С. И. Маций // Инженерная геология.–2009.–№2. –С. 50–53.
3. Полуколичественная оценка оползневой опасности на участках автомобильных дорог / С.И. Маций, **Е.В. Безуглова** //ГеоРиск.–2009.–№2.–С. 22–25.
4. Инженерно-геологическое обоснование надежности противооползневой защиты сооружений / **Е. В. Безуглова**, С. И. Маций, О. Ю. Ещенко // Инженерные изыскания. – 2010. – № 9. – С. 44–48.
5. Выбор типа фундаментов опор линий электропередач на оползневых склонах / С. И. Маций, **Е. В. Безуглова**, О. Ю. Ещенко // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2010. – № 6. – С. 25–27.
6. Инженерная защита транспортных сооружений на оползневых территориях / **Е. В. Безуглова**, С. И. Маций // Транспортное строительство. – 2011. – № 2. – С. 14–17.
7. Опасность, риск и управление риском: определения и суть / **Е. В. Безуглова**, С. И. Маций, Д. В. Плешаков // ГеоРиск. – 2011. – № 3. – С. 26–31.
8. Менеджмент геологических рисков и его психологические аспекты / **Е.В. Безуглова**, С.И. Маций, Д.В. Плешаков // ГеоРиск.–2011.–№4.–С.44–48.
9. Причины активизации оползня на федеральной автомобильной дороге г. Сочи и мероприятия по его стабилизации / А. Н. Богомолов, С. И. Маций, С. Ю. Калашников, Б.С. Бабаханов, **Е. В. Безуглова**, Д.В. Лейер, С.В. Кузнецова // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит.–2012.–Вып. 29(48).–С.6–14.
10. Стабилизация оползня на участке строительства железной дороги в г. Сочи / А. Н. Богомолов, С. И. Маций, Б. С. Бабаханов, **Е. В. Безуглова**, Д. В. Лейер, С. В. Кузнецова // Вестник ВолгГАСУ: Сер.: Стр-во и архит.–2012. – Вып. 29 (48). – С. 15–25.
11. Рациональное проектирование свайно-анкерных конструкций / С. И. Маций, М. С. Коломиец, А. К. Рябухин, **Е. В. Безуглова** // Труды КубГАУ. – 2013. – Вып. № 2 (41). – С. 160–163.
12. Исследование диапазона допустимых горизонтальных перемещений буронабивных свай противооползневых сооружений / А. К. Рябухин, С. И. Маций, **Е. В. Безуглова** // Вестник ВолгГАСУ: Серия: Строительство и архитектура. – 2013. – Вып. 31 (50). – С. 279–283.
13. Полуколичественная оценка оползневой опасности на автомобильных дорогах Краснодарского края / Н. Н. Любарский, С. И. Маций, **Е. В. Безуглова** // ГеоРиск. – 2013. – № 1. – С. 60–64.

14. О проблемах изыскателей в г. Сочи и путях их решения (на примере ООО «ГеоСлайд») / А. С. Бычихин, В. Ю. Тимошенко, **Е. В. Безуглова** // Инженерные изыскания. – 2013. – № 1. – С. 42–43.

15. Геотехнический мониторинг транспортных природно-технических систем в условиях оползневой опасности / А. С. Бычихин, В. Ю. Тимошенко, **Е. В. Безуглова** // Инженерные изыскания. – 2013. – № 10–11. – С. 78–81.

16. Исследование взаимодействия глинистых грунтов с противооползневыми сооружениями инженерной защиты опор эстакад / С. И. Маций, Д. В. Лейер, **Е. В. Безуглова**, Ф. Н. Деревенец // Интернет-журнал «Наукоедение» <http://naukovedenie.ru>. – 2014. – Вып. 5 (24), сентябрь – октябрь. – С. 1–14. Идентификационный номер статьи в журнале 35КО514.

Монография

17. Управление оползневой опасностью. / С. И. Маций, **Е. В. Безуглова**. – Краснодар: АлВи-дизайн, 2010. – 239 с. – ISBN 978-5-91111-012-3.

Публикации в других изданиях, материалах конференций

18. Геотехнический мониторинг опор ВЛ в оползневых зонах городской застройки / К. Ш. Шадунц, С. И. Маций, **Е. В. Безуглова** // Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство: тр. междунар. конф. по геотехнике, посвященной 300-летию Санкт-Петербурга. – СПб.: АСВ, 2003. – С. 241–246.

19. Оценка оползневой опасности и риска развития смещений грунтов на участке автодороги / **Е. В. Безуглова**, С. И. Маций // Город и геологические опасности: материалы Междунар. конф. – СПб., 2006. – Ч. I. – С. 242–249.

20. Риск смещений грунтов откосов насыпных сооружений / **Е. В. Безуглова**, С. И. Маций // Оценка и управление природными рисками: материалы Всерос. конф. «Риск – 2006». – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 2006. – С. 160–163.

21. Противооползневая защита участка автодороги с учетом факторов риска / **Е. В. Безуглова**, С. И. Маций // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы Междунар. науч.-практич. конф. «ГЕОРИСК – 2009». – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 2009. – Т. II. – С. 343–348.

22. Выбор программы мониторинга на основе оценки риска / С. И. Маций, Н. Н. Любарский, **Е. В. Безуглова**, А. С. Бычихин // Городские агломерации на оползневых территориях: материалы V Междунар. конф. по геотехнике 22–24 сентября 2010 г. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2010. – С. 407–412.

23. Мониторинг противооползневых мероприятий на железных дорогах / С. И. Маций, **Е. В. Безуглова**, Р. В. Подтелков, Н. Н. Любарский // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации земляного полотна железных дорог: тр. VII науч.-технической конф. с междунар. участием 17 ноября 2010 г. – Москва, 2010. – С. 43–46.

24. Оценка оползневого риска на автомобильных дорогах Краснодарского края / С. И. Маций, Н. Н. Любарский, **Е. В. Безуглова** // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы Междунар. науч.-практич. конф. «ГЕОРИСК – 2012». – М.: РУДН, 2012. – Т. I. – С. 306–309.

25. Оползневые участки требуют внимания / С. И. Маций, **Е. В. Безуглова** // Дороги Евразии. – 2012. – № 5 октябрь – ноябрь. – С. 30–31.

26. Мониторинг и моделирование оползневых процессов на примере города Сочи / С. И. Маций, Д. В. Лейер, **Е. В. Безуглова** // Строительство и архитектура. – 2013. – Т. 1. – Вып. 1. – С. 54–61.

27. Типизация взаимодействия оползней с транспортными природно-техническими системами в Краснодарском крае / **Е. В. Безуглова**, С. И. Маций // Сергеевские чтения. Развитие науч. идей академика Е. М. Сергеева на современном этапе. Юбилейная конференция, посвящ. 100-летию со дня рождения академика Е. М. Сергеева. Вып. 16. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 21 марта 2014 г., г. Москва. – М.: РУДН, 2014. – С. 362–366.

28. Реконструкция земляного полотна автомобильной дороги М-27 в г. Сочи в сложных инженерно-геологических условиях / С. И. Маций, **Е. В. Безуглова**, Д. В. Плешаков, А. К. Рябухин // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути: тр. XI междунар. науч.-техн. конф., 3–4 апреля 2014 г., г. Москва. Чтения, посвящ. памяти проф. Г. М. Шахунянца. – М., 2014. – С. 228–232.

Отраслевые дорожные методические документы (ОДМ)

29. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог / С. И. Маций, **Е. В. Безуглова**, Ф. Н. Деревенец, О. Ю. Ещенко // ОДМ 218.2.006-2010. – М.: ФГУП Инфотрактор, 2011. – 116 с.

30. Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог / С. И. Маций, **Е. В. Безуглова**, О. Ю. Ещенко, А. С. Бычихин, Н. Н. Любарский, Р. В. Подтелков, Д. В. Плешаков // ОДМ 218.3.008-2011. – М.: ФГУП Инфотрактор, 2011. – 42 с.

31. Методические рекомендации по расчету и проектированию свайно-анкерных сооружений инженерной защиты автомобильных дорог / С. И. Маций, О. Ю. Ещенко, **Е. В. Безуглова**, Ф. Н. Деревенец, И. В. Болгов и др., всего 14 человек // ОДМ 218.2.026-2012. – М.: ФГУП Инфотрактор, 2013. – 58 с.

32. Методические рекомендации по расчету и проектированию армогрунтовых подпорных стен на автомобильных дорогах / С. И. Маций, О. Ю. Ещенко, **Е. В. Безуглова**, Д. В. Волик, И. В. Болгов и др., всего 14 человек // ОДМ 218.2.027-2012. – М.: ФГУП Инфотрактор, 2013. – 63 с.

33. Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог / С. И. Маций, Е. А. Вознесенский, М. Л. Владов, **Е. В. Безуглова**,

Н. Н. Любарский и др., всего 13 человек // ОДМ 218.2.033-2013. – М.: ФГУП Информавтодор, 2013. – 82 с.

34. Методические рекомендации по оценке оползневой опасности на автомобильных дорогах / С. И. Маций, Е. А. Вознесенский, **Е. В. Безуглова**, Н. Н. Любарский, Д. В. Плешаков, С. А. Шелестов // ОДМ 218.2.030-2013. – М.: ФГУП Информавтодор, 2014. – 75 с.

Статьи в зарубежных журналах и материалах конференций

35. Risk analysis of landslide occurrence on the basis of probabilistic design / S. I. Matsiy, K. Sh. Shadunts, **Е. В. Bezuglova**, A. Fik // Probabilistics in geotechnics – Technical and Economic risk estimation: proc. of the Int. conf. – Graz, Austria, 2002. – P. 369–376.

36. Soil strength index reliability investigations under the conditions antecedent landslide formation / S. I. Matsiy, K. Sh. Shadunts, **Е. В. Bezuglova** // Proc. of the Int. Conf. on Slope Engineering. – Hong Kong, 2003 – P. 660–665.

37. Selection of foundation type for supports of overhead power lines on slide-prone slopes / S. Matsii, **Е. Bezuglova**, O. Eshchenko // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2011. – Vol. 47. – № 6. – P. 241–245.

38. Landslides on the roads to Sochi / S. I. Matsiy, **Е. В. Bezuglova**, A. L. Baranovskiy // Environmental Geosciences and Engineering Survey for Territory Protection and Population safety: Delegate papers of the Int. conf. EngeoPro. – Moscow, 2011. – P. 321–325.

39. Оползневые процессы на автомобильной дороге Джубга – Сочи и предотвращение чрезвычайных ситуаций / С. И. Маций, Н. Н. Любарский, **Е. В. Безуглова** // Modern problems struggle against emergency situation in connection with globalization: int. scientific-practical conf. 30–31 may 2012, Baku. – Baku, 2012. – P. 66 – 68.

40. Восстановление устойчивости склона на участке автомобильной дороги в Туапсинском районе / С. И. Маций, Д. В. Лейер, **Е. В. Безуглова** // Оценка риска и проблемы безопасности в строительном комплексе: материалы науч.-практич. конф. – Баку, 2013. – С. 116–120.

41. Engineering and geological grounds of landslide protection reliability of structures / **Е. Bezuglova**, S. Matsiy // Landslide science and practice: the Second World Landslide Forum. – Vol. 6: Risk assessment, management and mitigation. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. – P. 709–714.

42. Stabilization of landslide shifts on the basis of reliability and risk / S. Matsiy, **Е. Bezuglova**, M. Kolomiets // XV Danube-European Conf. on Geotechnical Engineering (DECGE 2014). – H. Brandl & D. Adam (eds.). – 9–11 September 2014, Vienna, Austria. – Paper No. 090. – P. 477–482.

43. Modeling of engineered slopes for the effective design of protection structures: example in the city of Sochi (Russia) / Matsiy Sergey, Leyer Darya, **Bezuglova Ekaterina**, Riabukhin Aleksandr // Engineering Geology for Society and Territory. – Vol. 2. Landslide Processes. – Springer International Publishing Switzerland, 2015. – P. 2071–2075.

Подписано в печать __.__.2015.

Бумага офсетная

Печ. л. 2,0

Тираж 120 экз.

Формат 60×84/16

Офсетная печать

Заказ № ____

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ»
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.