

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кубанский государственный аграрный университет»

На правах рукописи



Безуглова Екатерина Вячеславовна

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

Специальность: 25.00.36 – Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Научный консультант
доктор технических наук,
профессор С. И. Маций

Краснодар 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	14
1.1. Взаимодействие транспортных линейных сооружений с литосферой в природно-техногенной среде	14
1.2. Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации инженерной защиты транспортных природно-технических систем на оползнеопасных территориях	28
1.3. Опасность и риск: понятия, дискуссии, методология	44
2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОТИВООПОЛЗНЕВОЙ ЗАЩИТЫ	65
2.1. Инженерно-геологические условия транспортных природно-технических систем Черноморского побережья Кавказа	65
2.2. Комплексный анализ устойчивости склонов и откосов транспортных природно-технических систем	77
2.3. Оценка значений прочностных показателей делювиально- оползневых глинистых отложений в момент смещения	101
3. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА ТРАНСПОРТНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	118
3.1. Классификация взаимосвязей компонентов транспортных природно-технических систем и воздействующих факторов	120
3.2. Обоснование структурной схемы транспортных природно- технических систем на оползнеопасных территориях	128

3.3. Определение уязвимости и вероятности оползневых событий на основе параметров значимости и веса компонентов транспортных природно-технических систем	133
3.4. Оценка экономического риска	148

4. УПРАВЛЕНИЕ ОПОЛЗНЕВЫМ РИСКОМ ТРАНСПОРТНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	156
4.1. Оценка и управление риском в контексте психологии принятия решений	156
4.2. Типизация взаимодействий оползня с объектами транспортных природно-технических систем	169
4.3. Геотехнический мониторинг участков активных оползневых процессов	177

5. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА И УПРАВЛЕНИЕ ОПОЛЗНЕВЫМ РИСКОМ В ПРАКТИКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА	192
5.1. Оценка оползневого риска автодорожных транспортных природно-технических систем	192
5.2. Мониторинг в управлении оползневым риском железнодорожной транспортной природно-технической системы	202
5.3. Выбор проектных решений инженерной защиты трубопроводной и коммуникационной транспортных природно-технических систем	212

ВЫВОДЫ	223
---------------------	------------

ЛИТЕРАТУРА	226
-------------------------	------------

ПРИЛОЖЕНИЕ Акты о внедрении результатов исследований	277
---	------------

ВВЕДЕНИЕ

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 состояниях, 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 эксплуа-

тации 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) [220]. 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 противооползневой 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, отко-сов, 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 повреждений 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, «Гольягтиазот», компрессорные станции «Береговая», «Краснодарская»;
- коммуникационных (подстанции и опоры ВЛ ОАО «Кубаньэнерго»): Адлер – Псоу, Дагомыс – Верещагинка, Дагомыс – Псоу,

Дагомыс – Пасечная – Родниковая, Дагомыс – Сочи, КПГЭС – 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 оползневый 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 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.

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.

Объем и структура диссертации.

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

1. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

На современном этапе развития человечество существует в природно-техногенной среде, формирующейся в процессе активного природо-преобразования [5]. Особую роль играет строительство линейно-транспортных сооружений, изменяющее на многокилометровой протяженности земную поверхность, напряженное состояние массивов, баланс земляных масс, свойства грунтов, режимы водотоков. Поэтому организация хозяйственной деятельности должна основываться на разумной оценке техноприродных опасностей и возможных последствий.

1.1. Взаимодействие транспортных линейных сооружений с литосферой в природно-техногенной среде

В горной местности расположены многие транспортные (линейные) сооружения: автомобильные и железные дороги, трубопроводы, линии электропередач. Взаимодействуя с геологической средой в относительно узкой полосе, линейные сооружения образуют зоны природно-технических систем (ПТС) [153] транспортно-коммуникационного типа [47].

Природно-техническая система имеет границы и представляет собой совокупность инженерного сооружения (комплекса сооружений) с частью геологической среды в зоне его (их) влияния [107]. Вопрос определения границ довольно сложный, но, как правило, нижняя граница соответствует глубине проникновения в литосферу техногенного воздействия, верхняя находится в приповерхностной части литосферы [296].

Геологической средой, по *Е. М. Сергееву* [268], принято называть горные породы и почвы верхней части литосферы, находящиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека и влияющие на характер этой деятельности. Геологическая среда (литосфера), наряду с биотой, атмосферой и гидросферой является частью среды окружающей, т. е. системы взаимосвязанных природных и антропогенных объектов, в которых осуществляется жизнедеятельность людей [140].

В этой связи любая природно-техническая система как целостная и упорядоченная во времени и пространстве совокупность взаимодействующих компонентов, включает в себя продукты и средства труда, естественные и искусственно измененные природные тела и поля [28]. Так, дорожная выемка сформирована техногенным воздействием, однако, по сути, составляет часть геологической среды; насыпь сложена природным, но техногенно-нарушенным грунтом. В целом же, откосы выемки и насыпи, полотно автомобильных и железных дорог образуют единый комплекс в составе ПТС – транспортные природно-технические системы (ТПТС) с присущими им инженерно-геологическими процессами [21, 271].

ТПТС обладают новыми свойствами, по сравнению с входящими в нее компонентами, объединенными для достижения поставленных целей; ТПТС присущи свойства и детерминированной, и стохастической систем; ТПТС имеют различные внутренние связи, которые лишь отчасти могут быть смоделированы [271]. Как отмечает *А. Д. Соколов* [271], в настоящее время трудности разработки аналитической динамической модели связаны со сложностью описания всех аспектов существования ТПТС, поэтому возможно имитационное моделирование отдельных процессов и состояний (напряженно-деформированного, предельного, механизмов разрушения и т. п.). На рисунке 1.1 приведена общая схема природно-технической системы «Железная дорога», представленная *Е. С. Ашпизом* [9].

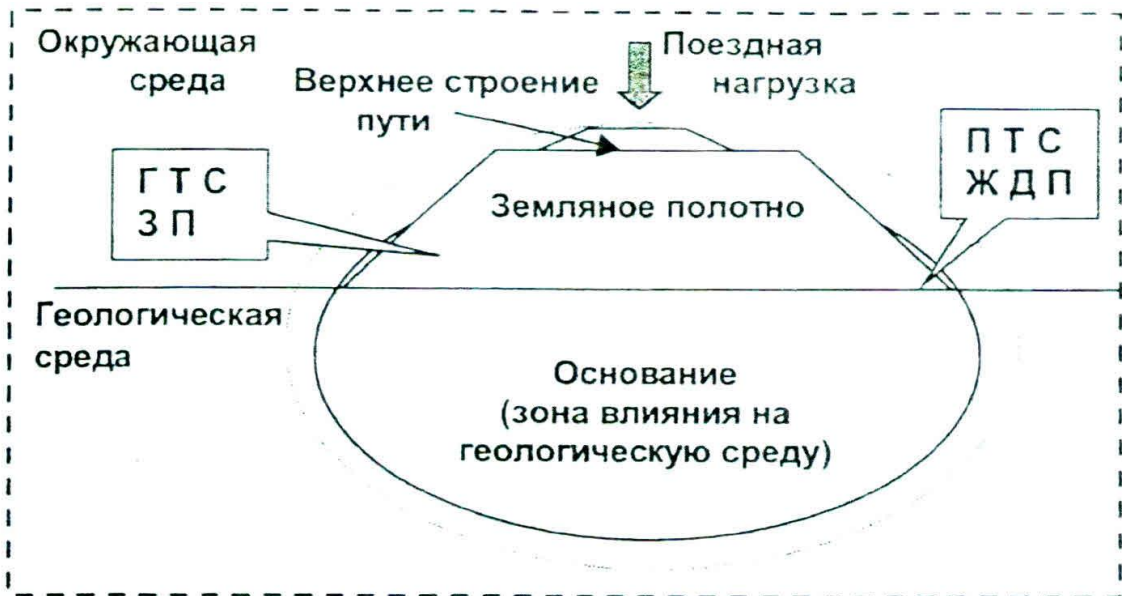


Рисунок 1.1 – Общая схема ПТС «Железная дорога» по [9]

ГТС ЗП – геотехническая система земляное полотно, являющаяся подсистемой в природно-технической системе железнодорожный путь (ПТС ЖДП)

В результате взаимодействия человеческого общества с окружающей средой, в ней происходят изменения, часто оказывающиеся вредными для самого человека [279]. Появились новые виды опасностей – природно-техногенные, или инженерно-геологические, под которыми понимаются процессы и явления, возникающие в геологической среде при техногенных воздействиях [199]. Повышенные нагрузки, активизирующие и пробуждающие природные процессы, направленное аккумулятивное воздействие продуктов антропогенной деятельности в западинах микрорельефа и загрязнение геологической среды приводят к негативным последствиям (ущербам), что свидетельствует о глубоком кризисном положении общества при его взаимодействии с природой [180, 181]. Негативные последствия, как правило, представлены в виде [121]:

- последствий-издержек, неизбежных при решении определенных хозяйственных задач;

- последствий-ошибок, связанных с неверными представлениями о закономерностях формирования среды или неверными технико-экономическими оценками.

К природно-техногенным опасностям, наряду с наведенной сейсмичностью, подтоплением, опусканием территорий, карстово-суффозионными провалами, относятся оползни, возникающие при строительстве и эксплуатации транспортных сооружений в горных районах. Одним из многочисленных примеров может служить автомобильная дорога Симферополь – Ялта – Севастополь, проходящая по склонам. В процессе реконструкции, вдоль земляного полотна, протяженностью около 100 км, выявлено 105 участков, на которых происходило нарушение устойчивости откосов и полотна дороги, при этом в большинстве случаев, оползневые процессы ранее здесь не отмечались [113].

Необходимость сохранности геологической среды и обеспечения ее сосуществования совместно с другими биосферными компонентами требует разработки управляющих решений на основе оценок опасностей и рисков как показателей взаимодействия природных и технических компонентов. Например, для урбанизированной территории степень геоэкологической опасности в процессе освоения является критерием геоэкологической оценки, включающей в себя изучение особенностей функционирования объектов экономики [112].

Именно реальная возможность оценивать и управлять отличает природно-техногенные опасности от природных: т. к. природно-техногенные опасности созданы человеком, то управление осуществляется, по словам *В. И. Осипова*, «просто за счет регулирования хозяйственной деятельности» [202]. Так, землетрясения природного генезиса трудно прогнозируемы, однако природно-техногенная сейсмическая опасность, как отмечают *А. Н. Жигалин* и *А. В. Николаев* [110, 111], поддается оценке, во-первых,

потому, что известен возможный «виновник» этого события, а во-вторых, техногенные землетрясения слабее, чем тектонические или вулканические.

Оценка природно-техногенной опасности позволяет предотвращать или уменьшать масштабы неблагоприятных последствий при ее реализации. В ряде случаев, по мнению *В. М. Кутепова* и других исследователей [209], учет влияния возможных геологических опасностей на объекты позволяет создать условия, при которых опасные процессы не будут развиваться, а проектные решения предотвратят существенные изменения геоэкологической обстановки.

Проблематика оценки изменений состояния геологической среды при взаимодействии с сооружениями, изменений гидросферы под влиянием антропогенной деятельности, прогнозирования последствий и анализа деформаций объектов нашла отражение в работах *А. С. Алешина* [2], *Г. И. Батрака* [14], *А. А. Варги* [35], *Н. И. Демьяновича* [87], *В. К. Епишина*, *В. Т. Трофимова* [107], *А. Д. Жигалина*, *А. В. Николаева*, *О. Г. Поповой* [110], *В. Г. Заиканова* [112], *В. П. Зверева* [114], *С. Р. Крайнова*, *В. М. Швеца* [144], *В. С. Круподерова*, *А. И. Шеко* [236], *В. М. Кутепова* [209], *В. К. Лапердина* [153], *Н. Г. Мавляновой* [158], *В. А. Мироненко*, *В. Г. Румынина* [175], *И. И. Молодых* [180], *Н. Г. Москаленко* [186], *С. М. Семенова* [266], *Е. М. Сергеева* [174, 269], а также в трудах других ученых.

Основные принципы рационального, разумного взаимодействия с природой, управления хозяйственной деятельностью ПТС на основе мониторинга и развития методов прогноза инженерно-геологических процессов (в том числе оползневых на Черноморском побережье Кавказа) для предупреждения кризисных ситуаций изложены в публикациях *В. П. Ананьева*, *А. Д. Потапова* [5], *И. П. Балабанова* [11], *А. Н. Галкина* [46], *М. В. Графкиной* [78], *К. А. Гулакяна*, *В. В. Кюнтцеля* [79],

О. В. Зеркаля [115], *В. А. Королева* [140, 141], *Ф. В. Котлова* [142], *Ив. И. Молодых* [181, 182], *В. И. Осипова* [199, 201], *И. А. Парабучева* [210], *В. В. Пендина* [212], *Г. П. Постоева* [227], *А. Л. Рагозина* [245], *С. М. Семенова* [267], *А. А. Цернанта* [314, 315], *А. И. Шеко* [330] и других исследователей.

Однако, в настоящее время дискуссионным остается вопрос относительно состава мониторинга. Выделяются две точки зрения [233, 295]:

1. Мониторинг включает в себя два главных компонента:
 - слежение за состоянием и факторами опасного процесса;
 - анализ и прогноз динамики развития наблюдаемого процесса.
2. Мониторинг включает также управление (соучастие в управлении) состоянием геологической среды.

Аргументируя первую точку зрения, *А. С. Викторов* и *А. И. Шеко* [233] отмечают, что управляющее воздействие обычно не присуще мониторинговым системам. Обосновывая альтернативное мнение, *В. Т. Трофимов* [295] поясняет, что участие (соучастие) в управлении неблагоприятными процессами входит в круг задач инженерной геологии, обеспечивая на основе результатов наблюдений и прогноза разработку управленческих решений по оптимальному функционированию объектов. Второй точки зрения придерживается также *Г. П. Постоев*: «В задачи мониторинга должно входить: ... организация системы сбора, обработки информации и принятия решения» [227]. ГОСТ Р 22.1.02-95 [58], определяющий мониторинг природных опасных явлений и процессов как систему регулярно проводимых, по разработанной программе, наблюдений и контроля, ставящих своей целью предупреждение возникновения чрезвычайных ситуаций или снижение ущерба за счет вовремя разработанных и реализованных мероприятий, тем не менее, прямо на вопрос о том, кто должен принимать эти решения, не отвечает.

Мониторинг очень важен для линейных (протяженных) сооружений, где в виду динамичности территории и сложности инженерно-геологических условий требуется постоянное обновление информации для своевременного принятия мер и перераспределения средств на стабилизацию наиболее опасных участков. По результатам работ, выполненных при научном сопровождении проектов, концепции мониторинга протяженных сооружений (трубопроводов, автомобильных и железных дорог) представлены *Е. С. Ашпизом* [9], *А. Н. Галкиным* [46], *А. П. Щегловым* [338], *А. Н. Хименковым* с соавторами [235], группой исследователей под руководством *В. И. Осипова* [196] и другими специалистами.

Основные положения концепций включают в себя необходимость создания локальных пунктов сбора информации на участках, объединенных по какому-либо признаку, выполнение аэровизуальных обследований, использование передвижных лабораторий и т. п., а также применение принципа комплексной интерпретации данных мониторинга для всех объектов трасс. В этой связи удобно использовать типизации территорий и воздействующих факторов, разрабатывать прогнозы на различные сроки для принятия своевременных управленческих решений.

Из всего многообразия факторов, способствующих изменению геологической среды, *А. И. Шеко* [330] выделено три группы:

- постоянные (литология, тектоника, рельеф);
- медленноизменяющиеся (тектонические движения, климат, гидрогеологические условия, растительность, почвы);
- быстроизменяющиеся (уровень грунтовых вод, показатели свойств грунтов, хозяйственная деятельность и т. п.).

Анализируя возможность своевременного принятия мер, предотвращающих негативные последствия при изменениях геологической среды, ученый настаивает на ведении систематических наблюдений, на осно-

ве которых возможно оценивать и прогнозировать эти изменения, а также разработать рекомендации. Это и является сутью мониторинга (литомониторинга) [330].

В соответствии с представлениями *В. И. Осипова* [201], мониторинг по своему назначению подразделяется на два типа:

- прогнозный, позволяющий подготовиться к ожидаемому событию посредством долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного прогнозов и осуществить плановые мероприятия;
- охранный, оповещающий о развитии процесса и наступлении экстремальной фазы и позволяющий принять срочные меры по минимизации последствий опасного процесса за считанные секунды (автоматическое отключение объекта от систем газо- и электропитания, остановка отдельных агрегатов и т. п.).

Осознанная необходимость разумного управления хозяйственной деятельностью явилась основой создания геологической науки о ноосфере (т. е. процессе формирования в геологической среде подсистемы ноосферы – сферы (оболочки Земли) разума [36]). Первостепенным этапом на пути ее развития, в соответствии с представлениями *И. В. Попова* [224], является вскрытие путей и механизма влияния на геологическую среду деятельности человека, являющейся геологическим фактором.

В этом аспекте, по мнению *С. А. Несмеянова* [190], важнейшей задачей геоэкологии, акцентирующей внимание на человеке и современном техногенезе, является анализ закономерностей преобразования природно-технических систем и особенностей роста техногенной нагрузки на окружающую среду. Как отмечает *С. Н. Чернышев* [316], в настоящее время сформировались два противоположных потока, отражающих отношение людей к окружающей среде: один – разрушающий, бездумный, безразличный, другой – движим разумом и доброй волей, стремлением к созданию

надежных сооружений, использованию экологически чистых материалов с заботой о будущих поколениях.

Рассмотрим кратко основные этапы преобразования горной территории Черноморского побережья Кавказа (ЧПК). Активное строительство железных и автомобильных дорог, промышленных, гидротехнических и курортных объектов на ЧПК велось в 10-х–30-х годах прошлого века [222]. К 60-м годам на Северо-Кавказской и Закавказской железных дорогах сформировался ряд крупных оползней. Отметим, что к этому же периоду приурочено развитие оползневых процессов на транспортных сооружениях в других регионах, среди которых: Вольский, Князевский, Увекский оползни на Волге, смещения на Южной и Одесско-Кишиневской дорогах, подвижки на Кругобайкальском участке Восточно-Сибирской дороги. В отдельные годы мощное развитие оползневых процессов вызывало перерыв в движении поездов на очень длительный срок [317].

Прямое влияние хозяйственного освоения склоновых территорий на активизацию старых и формирование новых оползней потребовало серьезного изучения оползневых явлений и создания исследовательских центров [222]. Так, Черноморской гидрогеологической и инженерно-геологической партией с 1951 г. проводится региональное изучение динамики оползневых процессов в г. Большой Сочи, где к 1980 г. зафиксировано порядка 600 оползней, составляющих 1/3 всей территории [203].

Многолетние наблюдения в дальнейшем позволили описать геологическую обстановку, факторы и условия образования смещений, механизм их развития на конкретных склонах. Например, подробные исследования выполнены на горе Бытха, расположенной на берегу Черного моря в городе Сочи между реками Бзугу и Мацеста [41].

В 1914 г. из-за подрезки береговой части юго-западного склона горы Бытха полувыемкой железной дороги активизировались некоторые старые и образовался ряд новых неглубоких оползней с базисом у полотна дороги. В это же время подрезка другого участка полувыемкой железной дороги (на глубину не более одного метра) способствовала развитию оползневых смещений мощностью 2–7 м, сопровождавшихся выпучиванием полотна дороги и сдавливанием кювета. Почти одновременно произошел оползень, который, несмотря на небольшие размеры в плане (40х60 м), вызвал катастрофическое разрушение железнодорожного пути.

Аналогичные ситуации на склонах горы Бытха возникали в 1934–1936 гг. из-за подрезок и созданий отвалов грунта, в связи с расширением автомагистрали. Во всех случаях поводом к подвижкам являлись обильные (затяжные или кратковременные) дожди, увлажняющие суглинки[41].

В настоящее время транспортное строительство на ЧПК продолжает активно развиваться. В геоморфологическом отношении, прокладка трасс осуществляется по эрозионно-оползневым склонам в условиях среднегорного и низкогорного рельефа. При этом, трубопроводный транспорт (газопроводы «Голубой поток», «Южный поток» и другие) охватывает не только сушу, но и дно Черного моря, что требует изучения условий формирования подводных оползней, а также комплексной оценки морских геологических опасностей. Эта тематика подробно освещается в работах *С. Г. Миронюка* [176, 177], *Э. В. Калинина* [300] и других специалистов.

В период строительства линейных объектов при подготовке к Олимпиаде произошло интенсивное развитие не только оползневых, но и эрозионных процессов, выветривания глинистых аргиллитов низкой и весьма низкой прочности, составляющих коренные породы олигоцена. Основное сочетание факторов – климатические особенности территории (прежде всего, увлажненность местности) и интенсивное техногенное воз-

действие. Анализ оползневой съемки, выполненной вдоль линии железной дороги Адлер – аэропорт, показал наличие группы оползней различной степени активности [185] (таблица 1.1).

Территория города Сочи, расположенного в приморской части южного склона Главного Кавказского хребта, пересекается большим количеством оврагов, речек, балок; крутизна склонов – порядка $15\text{--}35^\circ$ [82]. Мощность коры выветривания распространяется на глубину около 50 м; скорость разрушения и дальнейшего плоскостного сноса при крутизне склонов $9\text{--}10^\circ$ составляет 2 см в год, а при крутизне $22\text{--}25^\circ$ достигает 4,5 см в год, на более пологих участках – 1–2 см в год; на свежееобнаженных поверхностях мелкообломочная зона формируется через 3–4 часа, а уже через 3–4 дня глубина зоны выветривания составляет $\sim 1,0$ м [120].

Вопросы возрастания опасностей, связанных с активизацией процессов выветривания, эрозионного расчленения рельефа, размыва берегов, формирования селей и оползней, смещений пород по активным разрывам в связи со строительством олимпийских объектов неоднократно поднимались и обсуждались в печати. В настоящее время решением этой проблемы продолжают заниматься *И. П. Балабанов, Е. М. Манучарянц* [12], *О. А. Вадачкория, А. А. Мурый* [309], *Б. М. Крестин, И. В. Мальнева* [145], *С. А. Несмеянов, О. А. Воейкова* [189], а также другие исследователи.

При оценке опасности важное значение имеет классификация оползневых процессов. Преимущество отдается типизированию оползней по механизму смещения [234]; для выбора защитных сооружений необходимо также знать глубину захвата пород, положение поверхности скольжения. На основе этих, а также других признаков (возраст, тип пород, форма оползня в плане и т. д.) разработаны различные классификации склоновых и, в частности, оползневых процессов.

Таблица 1.1 – Краткое описание оползней вдоль железнодорожной линии Адлер – Аэропорт [185]

№ оползня / состояние	Расположение трассы дороги	Параметры оползня	Проявления
1/активный	В языковой части оползня	140x35 м, мощность до 5,7 м, захват коренных пород	– Просадка полотна грунтовой дороги; – трещины в подпорной стене и стенах жилого дома; – трещиноватость и обводненность кровли коренных пород
2/активный	В центральной части оползня	160x28 м, мощность 4,0 м	– Деформации подпорной стены; – смещения техногенной глинистой жижи, сформированной при строительстве домов; – угроза нижерасположенным домам
3/временно стабилизированный	В центральной части оползня	35x13 м, мощность до 4,0 м	Не выявлены
4/временно стабилизированный	В головной части оползня	40x13 м, мощность до 3,5 м	Скопления поверхностных вод в языке оползня в понижении спланированного рельефа
5/активный	В приводораздельной части склона	125x15 м, мощность 5,0 м	Свежие трещины на теле оползня
6/временно стабилизированный	В средней части правого склона р. Мзымта	56x25 м, мощность 2,5 м	Зона повышенной трещиноватости в кровле коренных пород
7/временно стабилизированный	В средней части правого склона р. Мзымта	31x23 м, мощность до 4,0 м	Не выявлены
8/временно стабилизированный	В верхней части правого склона р. Мзымта	17x12 м, мощность 2,5 м	Не выявлены
9/активный	В центральной части оползня	195x100 м, мощность до 8,0 м	– Продольные и поперечные трещины на теле оползня; – выпор грунта в языке оползня
10/временно стабилизированный	В средней части правого склона р. Мзымта	120x40 м, мощность до 3,5 м	Не выявлены, но, из-за утечек воды из водовода, вблизи головы оползня, в водонасыщенном грунте формируются промоины

Отметим, что отдельные наименования типов и подтипов оползней могут отличаться у разных авторов, вплоть до одного и того же названия различного механизма смещения. Например, в типизации, представленной *И. О. Тихвинским* в [234], оползни сдвига могут именоваться также оползнями скольжения или блоковыми. В классификации, основанной на исследованиях *В. В. Кюнцеля* [152], приведенной в [130], оползнями сдвига могут обозначаться оползни выдавливания.

Разработке классификаций оползневых явлений, количественной оценке устойчивости склонов и откосов, исследованиям механизма, факторов и их роли в режиме формирования инженерно-геологических процессов, в том числе на ЧПК, серьезное внимание уделено в исследованиях *К. А. Гулакяна*, *В. В. Кюнцеля* [80, 81], *А. М. Демина* [86], *Э. М. Доброва* [95], *Н. И. Дубровина*, *В. И. Клименко* [100], *Е. П. Емельяновой* [104], *Г. С. Золотарева* [118], *А. И. Клименко* [132, 133], *Н. Н. Маслова* [161], *С. А. Несмеянова*, *О. А. Воейковой* [189], *Н. Ф. Петрова* [215, 216], *Л. П. Петровой-Ясюнас* [217], *И. В. Попова* [223], *Г. П. Постоева* [229], *Ф. П. Саваренского* [263], *К. Терцаги* [374], *И. О. Тихвинского* [290], *В. А. Хомякова* [310], *П. В. Царева* [313], *К. Ш. Шадунца* [325, 326], *Г. М. Шахунянца* [329], *Р. Шустера*, *Р. Кризека* [197], *E. N. Bromhead* [344], *S. Cavounidis* [346], *D. G. Fredlund*, *J. Krahn* [354], *K. S. Li*, *P. Lumb* [364], *D. Varnes* [375] и других ученых.

Так, *Г. С. Золотаревым* [118] многочисленные факторы развития оползней объединены в две группы:

- создающие среду, в которой формируются оползни и обвалы (комплексы пород, тектонические структуры и нарушения, обводненность и др.);
- изменяющие состояние и свойства массивов (процессы выветривания, эрозионные, суффозия, тектонические подвижки и др.).

Г. М. Шахунянец [329] представлены принципы проектирования инженерной защиты с учетом цикличности оползневых процессов. *Е. П. Емельяновой* [104] подробно описана цикличность, т. е. стадийность развития оползней двух типов: покровных и глубоких блоковых раздавливания (выдавливания).

В. А. Хомяковым [310] показано, что количественные различия между математическими методами расчетов устойчивости и практическими данными во многом обусловлены сложностью инженерно-геологических условий (неоднородность строения массива, изменчивость свойств грунтов и др.). В качестве решения им предложен метод расчета коэффициента устойчивости склона, учитывающий, что первоначально предельное состояние грунта наступает не по всей формирующейся плоскости скольжения, а в верхней ее части вследствие развития трещины отрыва, а смещение начинает развиваться на участке, равном $1/3$ – $1/5$ высоты зоны сдвига, где растягивающие напряжения наибольшие.

Важное практическое значение имеют классификации оползней, увязанные с расчетными схемами (методами) оценки устойчивости склонов и откосов, предложенные *М. К. Рзаевой* и *И. О. Тихвинским* [257], *В. Д. Казарновским* (для дорожного строительства) [113], *Э. М. Добровым* (с учетом деформаций дорожных конструкций) [96] и другими специалистами.

Выполняя исследования в области оползневой опасности, *Г. П. Постоев* [228] пришел к выводу о необходимости уделять больше внимания стадии подготовки смещения. Им предлагается в типизации оползневых процессов учитывать характер деформирования массива именно в подготовительную стадию, на этапе изменения напряженно-деформированного состояния склона, т. к. это в значительной мере определяет механизм дальнейшего формирования и развития подвижек.

Анализируя основные проблемы взаимодействия с литосферой техногенных сооружений, можно констатировать осознание в настоящее время человеком необходимости оценивать опасность и разумно управлять состоянием природно-технических систем. Эта тенденция позволила расширить представление о геологической среде, рассматривая ее, в соответствии с предложенной *В. Т. Трофимовым* и *В. А. Королевым* [294] терминологией, как область верхних горизонтов литосферы, находящуюся в прошлом, настоящем или будущем во взаимодействии с инженерно-хозяйственной деятельностью человека, качественно и количественно эволюционирующую во времени, являющуюся компонентом природных и природно-технических экосистем и возможным элементом геаноогенеза».

1.2. Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации инженерной защиты транспортных природно-технических систем на оползнеопасных территориях

Для обеспечения безопасного функционирования транспортных (линейных) объектов, помимо различных сооружений, возводимых на участках активизации инженерно-геологических процессов (улавливающие подпорные стены, мосты, водопропуски и др.), требуется устройство удерживающих конструкций, оказывающих дополнительное сопротивление смещению грунта. Это приводит к сильному удорожанию стоимости строительства и эксплуатации [305].

Из-за сильно пересеченного рельефа местности и необходимости соблюдения нормативных уклонов продольного профиля, трассы частично проектируются в эстакадном, мостовом или тоннельном вариантах (в обход оползневых участков). Наглядным примером является строительство Дублера Курортного проспекта от км 172 Федеральной автомобильной дороги М-27 Джубга – Сочи, осуществляемое при пересечении долин рек и водораздельных хребтов с перепадом высот до 200 м. Так, участок трассы II очереди Дублера оказался в зоне влияния 35 оползней [231]:

- правый склон долины реки Бзугу – 4 оползня;
- левый склон долины реки Гнилушка – 4 оползня;
- правый склон долины реки Гнилушка – 8 оползней;
- левый склон долины ручья Верещагинский – 7 оползней;
- правый склон долины ручья Верещагинский – 8 оползней;
- левый склон долины реки Сочи – 4 оползня.

Существующие (эксплуатируемые) трассы также периодически подвергаются воздействию оползневых процессов [366]. В феврале 2011 г. на участке автомобильной дороги М-27 Джубга – Сочи, км 56+860, оползнем разрушено дорожное и земляное полотно, а ниже по склону – несколько жилых домов и дворовые постройки. Движение автомобильного транспорта сначала осуществлялось в условиях сужения ширины проезжей части, а затем, после смещения грунтовой подсыпки, было остановлено на несколько дней. Такая ситуация потребовала срочного выполнения противооползневых мероприятий [163].

Согласно рассказам местных жителей, оползневые подвижки наблюдались с 1984 по 2004 гг., а формированию современного оползня способствовал процесс строительства, в частности, неупорядоченный сброс грунтов на низовой, сложенный глинистыми аргиллитами, склон. С течением времени уплотненные, водонасыщенные насыпные отложения

начали смещаться, захватывая природные грунты. Ограничение скорости движения транспорта не производилось [366].

В апреле 2011 г. оползневые подвижки с захватом дорожного полотна произошли на км 41+610÷41+760 (рисунок 1.2) и км 137+30÷137+350 трассы М-27 Дзубга – Сочи. В период строительства удерживающего сооружения на км 41+700 наблюдалось прогрессирующее развитие оползневого процесса, приведшее к подвижкам грунта на низовом откосе в мае 2011 г. со стенкой срыва на территории строительной площадки (рисунок 1.3). Вынужденной мерой явилось ограничение величиной 25 т техногенной нагрузки на смежные полосы (рисунок 1.4).



Рисунок 1.2 – Оползневой процесс с низовой стороны участка федеральной автомобильной дороги М-27 Дзубга – Сочи, км 41+700 (апрель, 2011 г.)



Рисунок 1.3 – Прогрессирующее развитие оползневого процесса на участке трассы М-27 Джубга – Сочи, км 41+700 (июнь, 2011 г.)



Рисунок 1.4 – Ограничение нагрузки и движения транспортных средств на трассе М-27 Джубга – Сочи (июнь, 2011 г.)

Вопросы противооползневой защиты, анализа эффективности применения различных видов сооружений, расчета оползневого давления подробно освещены в работах *А. А. Бартоломея*, *А. Н. Богомолова* [13], *А. И. Билеуша* [23], *А. Я. Будина* [29], *Л. К. Гинзбурга* [48, 49], *А. Л. Готмана* [73], *Ф. Н. Деревенца* [88], *В. И. Клименко*, *Н. И. Дубровина* [134], *Н. И. Кригера* [146], *В. С. Курдякова* [151], *Л. С. Ланидуса* [154], *С. И. Мацяя* [167], *Г. Д. Недри* [188], *З. С. Орагвелидзе* [198], *Ю. И. Попова* [225], *М. К. Рзаевой* [256], *В. Г. Федоровского* [304], *К. Ш. Шадунца* [322, 324], *Г. М. Шахунянца* [328], *Н. Л. Шешени* [334, 336], *Л. П. Ясюнас* [339], *T. Adashi*, *M. Kimura*, *S. Tada* [340], *T. Ito*, *T. Matsui*, *W. P. Hong* [359, 360], *N. Janbu* [361], *M. F. Rannolph*, *G. T. Houlsby* [370], *T. Yamagami* [377] и многих других ученых.

Сотрудниками ПГО «Севкавгеология» *Н. С. Коробкиной* и *Ю. И. Кузьминым* [138] представлены разработки, основанные на классификации сооружений инженерной защиты по трем типам:

- без деформаций;
- имеющие отдельные деформации, не влияющие на эффективность работы;
- деформированные, требующие капитального ремонта.

Выделено также три типа оползней, на которых выполнены защитные мероприятия [138]:

- не эффективны;
- слабо эффективны и недостаточны;
- эффективны.

Методика имеет несомненные плюсы, включая простоту классифицирования и наглядность результатов, которые представляются на карте соответствующими знаками. Однако оценка носит качественный характер,

при этом требуются многолетние наблюдения и разработка соответствующих рекомендаций.

Анализируя эффективность противооползневых мероприятий на железных дорогах, *Л. П. Ясюнас* [339] еще в 1949 г. указывала на возможное отличие от подобных мероприятий, выполняемых на других объектах, отмечая, что для обеспечения безопасности движения поездов не всегда требуется укрепление всего оползневого массива из-за чрезмерной дороговизны. Более целесообразным является обеспечение устойчивости сравнительно узкой полосы вдоль железнодорожного полотна и расположенных при нем сооружений.

Приведенное утверждение правомерно и к другим линейным объектам в составе ТПТС. При этом решение поставленной задачи необходимо основывать на комплексном подходе, т. к. применение какого-либо одной меры, в большинстве случаев, по убеждению исследователя [339], не способствует закреплению склонов: «Борьба с оползнями должна осуществляться последовательным настойчивым проведением целого комплекса мероприятий в определенной строгой системе, только тогда она может быть эффективной и даст положительные результаты».

Крупнейшими транспортными узлами ЧПК являются город-герой Новороссийск, город-порт Туапсе, город Сочи. Сложность инженерно-геологических условий обусловлена наличием практически на всех существующих железных и автомобильных дорогах участков развития оползневых процессов и проблемой их инженерной защиты, требующей поиска новых решений [25].

Обследование подпорных и удерживающих сооружений в 2011 г. на автомобильных дорогах А-147 Джубга – Сочи – граница с Республикой Абхазия, Обход г. Сочи, А-149 Адлер – Красная Поляна, М-4 Дон, Майкоп – Туапсе выявило снижение несущей способности, в связи с су-

щественно возросшим техногенным воздействием при подготовке к Олимпиаде 2014 г. [166] (таблица 1.2). Подпорные стены в большинстве своем возводились в середине прошлого века. Исключением является Обход г. Сочи, строительство которого началось в 1988 г. и с некоторыми перерывами продолжалось до начала 2000-х годов: состояние 41 из 42-х сооружений соответствует исправному или работоспособному (одна подпорная стена ограничено работоспособна).

В сочетании с превышением нынешних транспортных нагрузок над расчетными, подобные ситуации обусловлены отсутствием нормативных документов с конкретными требованиями по должному содержанию защитных сооружений и ограниченным финансированием. Для обеспечения требуемой надежности подпорных и удерживающих сооружений, находящихся в состоянии, несоответствующем исправному (нормативному) или работоспособному, необходимы дополнительные мероприятия (таблица 1.3) и, следовательно, затраты. В таблице 1.4 представлены основные воздействия, которые испытывают объекты инженерной защиты ТПТС.

Таблица 1.2 – Техническое состояние подпорных и удерживающих сооружений на автомобильных дорогах (согласно [272])

Автомобильная дорога / общее кол-во подпор- ных стен и удерживаю- щих сооружений, шт.	Кол-во подпорных стен и удерживающих сооружений в техническом состоянии, шт.			
	Исправ- ном	Работо- способ- ном	Ограниченно работоспособ- ном	Недопустимом и аварийном
А-147 Джубга – Сочи – граница с Республикой Абхазия / 1012	-	805 (80%)	155 (15%)	52 (5%)
А-149 Адлер – Красная Поляна / 92	-	84 (91%)	5 (6%)	3 (3%)
М-4 Дон /59	2 (3%)	31 (53%)	18 (30%)	8 (14%)

Таблица 1.3 – Мероприятия для обеспечения надежности подпорных стен и удерживающих сооружений, не соответствующих требованиям проектной документации [211]

Категория технического состояния по [272]	Рекомендованные мероприятия
Ограниченно работоспособное	Капитальный ремонт отдельных элементов конструкции; регулярный контроль технического состояния
Недопустимое	Капитальный ремонт всей конструкции с восстановлением, усилением или заменой неисправных элементов
Аварийное	Устройство временных креплений, восстановление или реконструкция всей конструкции

Необходимость выполнения обследований зданий и сооружений обосновывается СП 13-102-2003 [272], а также вышедшими один за другим ГОСТ Р 53778-2010 [72] и ГОСТ 31937-2011 [54]. Отметим, что ГОСТ 31397-2011, отменяя предыдущий стандарт 2010 года, введен в действие не в качестве обязательного, а «для добровольного применения» (приказ Росстандарта от 27.12.2012 № 1984-ст), в отличие от ГОСТ 53778-2010 (Распоряжение Правительства РФ № 1047-р). Однако, в случае недостаточного объема обследования, снижающего достоверность результатов, ответственность несет заказчик (п. 5.1.7 ГОСТ 31937). Одним из принципиальных отличий введенного ГОСТ от СП 13-102 является классификация категорий технического состояния конструкций: в СП их пять (исправное, работоспособное, ограниченно работоспособное, недопустимое, аварийное), в ГОСТ – четыре (нормативное, работоспособное, ограниченно-работоспособное, аварийное).

Таблица 1.4 – Воздействия на объекты инженерной защиты при строительстве и эксплуатации ТПТС

Воздействие	Ответная реакция ТПТС	
Не предусмотренная проектом (дополнительная) подрезка откоса	Разрушение сформированного контрбанкета ниже (в плане) удерживающего сооружения	
Устройство подошвы фундамента удерживающего сооружения на границе слоев	Смещение, разрушение сооружения смещающимися блоками пород при совпадении угла их залегания с уклоном склона	
Перекрытие выходов подземных вод массивными конструкциями	Водонасыщение, увеличение массы и давления грунта, приводящие к крену или разрушению сооружения	
Несвоевременная очистка застенного пространства улавливающих подпорных стен от грунта	Переползание выветрелого грунта через верх стены на обочину или проезжую часть дороги; деформация подпорной стены	
Несвоевременные ремонтные работы защитных сооружений инженерной (несвоевременная оценка тех. состояния)	Разрушение отдельных элементов, облицовки, кладочного раствора, снижение прочности удерживающей конструкции	
Отсутствие защиты от агрессивного воздействия среды эксплуатации	Коррозия цементного камня железобетонных блоков	

Окончание таблицы 1.4

Воздействие	Ответная реакция ТПТС	
Сверхнормативные динамические нагрузки	Снижение прочностных свойств массива с последующим смещением и деформацией подпорного сооружения	
Несоблюдение проектных уклонов при устройстве противоэрозионной защиты	Деформации противоэрозионной защиты в результате смещений недоуплотненного грунта	
Нарушение технологии возведения водопропусков (незарегулированный сброс воды)	Водонасыщение, размыв грунта откоса водным потоком	
Нарушение условий содержания приемных колодцев и водопропусков	Деформации конструкций, заиленность водопропускной трубы до 3/4 высоты	
Нарушение условий содержания дренажной системы	Заиленность дренажных отверстий и труб, коррозия конструкций, застой воды в подошве защитных сооружений	
Отсутствие комплексности инженерной защиты, несвоевременное строительство основных защитных сооружений	Деформации элементов вспомогательных сооружений (водоотводных лотков) смещающимся грунтом	

Разработаны и отраслевые документы. Так, в соответствии с Классификацией работ [131] (подпункт 5 пункта 15), в период эксплуатации автомобильных дорог необходимо выполнять оценку их состояния, а также состояния искусственных (не защитных) сооружений, текущие и периодические осмотры, диагностирование, обследования. Существенно дополнить требования, изложенные в Классификации работ [131], удалось разработкой и практическим внедрением отраслевого дорожного методического документа (ОДМ) по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений [205].

Как показали исследования РОСДОРНИИ [259] (на примере состояния мостов), выполнение работ по содержанию значительно эффективнее других видов ремонтных мероприятий (таблица 1.5). При сопоставлении удельных затрат было выявлено, что наиболее экономичными (требующими минимальных затрат) в период эксплуатации сооружений являются уход и профилактика, способствующие увеличению долговечности: при постоянном уходе предельный срок службы моста возрастает с 30 до 40 лет, а при уходе с профилактикой – до 70 лет. Отсутствие ухода вызывает необходимость вкладывать большие средства в восстановительные работы, уменьшая одновременно срок службы.

Таблица 1.5 – Размер эксплуатационных затрат по отношению к стоимости строительства сооружения, согласно [259]

Вид работ	Размер затрат к стоимости строительства, доли
Уход	0,01
Профилактика	0,05
Планово-предупредительный ремонт	0,25
Ремонт (восстановление)	0,60
Замена (с организацией объезда, разборкой)	1,50

Анализ причин аварийных ситуаций, связанных с деформациями удерживающих конструкций в периоды строительства и эксплуатации, показал, что в ряде случаев они подготавливаются уже на стадии изысканий [17]. Основные проблемы связаны со спецификой ТПТС в горной местности. При последующем проектировании возможны задание неверной величины коэффициента запаса (нормированного значения коэффициента устойчивости [275]), ошибки в расчете оползневого давления и, как следствие, неправильный выбор типа, местоположения и конструктивных размеров удерживающего сооружения (таблица 1.6).

Недостаток удерживающих усилий при подрезках требует устройства компенсирующих (защитных) конструкций. Проблемы их проектирования связаны с определением прочностных показателей грунтов и оценкой устойчивости откосов и склонов. Этим вопросам серьезное внимание уделяется в работах *В. С. Аникина* [6], *Л. А. Аносовой* [7], *С. С. Бабицкой* [10], *В. Ф. Безрукова* [15, 16], *А. Бишоп*, *Д. Хенкеля* [24], *А. Н. Богомолова* [27], *В. Н. Бухарцева* [31], *С. С. Вялова* [43], *М. Н. Гольдштейна* [52], *Р. Э. Дашко* [84, 85], *В. В. Дмитриева* [93, 94], *Ю. К. Егорова* [101], *Е. П. Емельяновой* [102, 103, 105], *И. П. Иванова* [119], *А. А. Кагана* [125], *И. Г. Коробановой* [137], *Э. К. Кузахметовой* [148, 149], *В. Д. Ломтадзе* [156], *Н. Н. Маслова* [161], *С. И. Мацяя* [167, 168], *В. В. Михайлова*, *С. Н. Чернышева* [178], *Г. П. Постоева* [226], *А. Д. Потапова*, *И. А. Потапова* [230], *И. А. Сафохин* [264], *А. У. Скемптона* [270], *Л. М. Тимофеевой* [289], *Р. Г. Тулинова* [297], *В. М. Тумбольцева* [298], *А. Я. Туровской* [299], *В. И. Федодеева* [301], *К. Ш. Шадунца* [323], *Н. Л. Шешени* [333, 335], *Л. Шукле* [337], *Л. А. Ярг* [93], *G. Bhattacharya*, *R. Chowdhury*, *P. Flentje* [347] и многих других ученых. Ключевой проблемой является и само классифицирование грунтов при выполнении инженерно-геологических изысканий [92].

Таблица 1.6 – Взаимосвязь между особенностями ТПТС на оползнеопасных территориях, проблемами изысканий и проектирования противооползневых сооружений

Особенности ТПТС	Проблемы изысканий	Проблемы проектирования	Пример (фото)
<p>Меняющееся по протяженности трассы геологическое строение</p>	<p>– Недостаточное количество буровых скважин; – осреднение грунтовых условий</p>	<p>– Сложность выбора расчетного сечения для определения оползневой нагрузки на сооружение; – неверный выбор типа защитного сооружения и его конструктивных размеров</p>	 <p>Тоннель 2, г. Сочи: смена разностей грунтов, не выявленная при изысканиях, способствовала деформации удерживающего сооружения в период строительства</p>
<p>Нарушенный режим поверхностных и подземных вод</p>	<p>Не всегда выявляются перекрытые водоносные горизонты</p>	<p>Неверный выбор типа сооружения</p>	 <p>Газопровод «Россия–Турция»: возведение подпорной стены гравитационного типа способствовало перекрытию выходов подземных вод, смещению водонасыщенных грунтов с разрушением участка дороги и угрозой нижерасположенному газопроводу</p>
<p>Подрезки-пригрузки оползнеопасных склонов</p>	<p>Отсутствие или неточный прогноз развития инженерно-геологических процессов</p>	<p>Трудности при разработке проекта организации строительства (ПОС)</p>	<p>Обход г. Сочи, ПК80 – ПК94: рельеф изменен подрезками и отсыпкой разнородных грунтов мощностью 2,0–13,0 м, что способствовало формированию техногенных смещений с захватом грунтов склона</p>

Окончание таблицы 1.6

Особенности ТПТС	Проблемы изысканий	Проблемы проектирования	Пример (фото)
Изменчивость физико-механических показателей грунтов по протяженности трассы	Малое количество испытаний грунтов (ГОСТ 20522)	<ul style="list-style-type: none"> – Неточность расчетов устойчивости и оползневого давления; – завышение величины требуемого коэффициента запаса и стоимости сооружения; – неточный выбор местоположения защитного сооружения на оползне и количества ярусов (рядов) 	Компрессорная станция «Краснодарская»: при статистической обработке данных испытаний на срез оползневого грунта, 4 из 6-ти результатов не приняты в расчет как «нехарактерные для слоя»
Стесненность условий строительных площадок на склонах	Невозможность доступа техники для инженерно-геологических работ в соответствии с требованиями СП	<ul style="list-style-type: none"> – Неточность построения разрезов; – Недостоверность оценки устойчивости; – недостаточность данных для принятия инженерных решений 	 <p>Тоннель 6, г. Сочи: из-за сложности условий на склоне пройдены шурфы глубиной до 4-х м вместо скважин при прогнозной мощности оползней до 15 м</p>
Не всегда возможно применение обычных типовых решений при устройстве сооружений	Возможность представления в отчетах лишь общих рекомендаций	Необходимость проектирования дорогостоящих противооползневых сооружений или разработки оригинальных проектных решений	 <p>ВЛ «Центральная – Черемушки»: в результате смещения грунтов обнажились типовые грибовидные фундаменты опоры с угрозой потери устойчивости опоры</p>

В настоящее время активно развиваются расчетные методы и моделирование, позволяющие решать задачи оценки напряженно-деформированного состояния литосферы при воздействии техногенных и/или природных факторов, учитывать взаимодействие линейных сооружений с грунтом, выполнять прогнозирование. С этой целью обосновываются инженерно-геологические модели: натурные, лабораторные, знаковые, логико-математические и др. (*Епишин В. К.* [106]), проводятся аналитические и численные исследования *А. П. Белоусовой* [22], *А. С. Викторовой* [38–40], *В. К. Епишиным* [106], *А. И. Казеевым*, *Б. К. Лапочкиным*, *Г. П. Постоевым* [128], *Э. В. Калинин* [129], *Г. З. Перльштейном* [213, 214], *В. Г. Румыниным* [261], *В. Б. Сваловой* [265], *В. М. Швецом* [179] и другими специалистами.

Определяя прочностные свойства, можно получить различные значения в зависимости от состава, плотности, особенностей текстуры и структуры грунта, его влажности, а также от методов испытаний и интерпретации результатов [126]. Особенно сложно определить параметры сопротивляемости сдвигу глинистых грунтов, в толще которых, как правило, и происходят оползни [161].

В условиях хозяйственного освоения склонов, сопровождающегося интенсивным выветриванием обнаженных срезкой пород, эрозией, водонасыщением, набуханием-усадкой, происходит разуплотнение грунта. В этой связи, для расчетов устойчивости целесообразно использовать результаты следующих испытаний, схемы которых моделируют различные условия, в которых находятся грунты оползнеопасных склонов:

- срез монолитов неконсолидированный при водонасыщении;
- срез по подготовленной искусственно и смоченной поверхности.

Естественные неточности при определении расчетных значений и их разброса во многом обуславливаются разного рода масштабными эффектами [249]. Как правило, для уточнения значений показателей свойств оползневых грунтов применяют метод обратного расчета [252, 253].

При создании и последующем функционировании природно-технических систем в искусственно измененной исторической обстановке, устойчивость склонов также меняется. *Г. М. Шахуняц* [328] отмечает, что чем ближе к дневной поверхности расположен слой, тем чаще в нем возможны изменения (при прочих равных условиях). К тому же меняется во времени и динамическая активность территорий [277]. В связи с линейностью ТПТС и различным геологическим строением склонов однотипные противооползневые сооружения не всегда эффективны и целесообразны.

Одна из проблем ТПТС – сжатые сроки работ при многокилометровой протяженности трасс. В таких условиях строительство может осуществляться до или параллельно с выполнением проектно-изыскательских работ, несмотря на требования Градостроительного кодекса РФ [74] о недопустимости подготовки и реализации проектной документации без выполнения инженерных изысканий. Так, олимпийское строительство тоннелей для железной и автомобильной дорог на трассе Адлер – Красная Поляна (Роза Хутор) началось до завершения не только их проектирования, но и выполнения некоторых видов изысканий [189]. Учитывая, что на исследуемой территории существует опасность развития экзогенных процессов, техногенное воздействие существенно повышает риск (ущерб) от их реализации в процессе строительства и последующей эксплуатации.

Вышеназванное обращает внимание исследователей на развитие методов определения прочностных показателей грунтов, поиск новых расчетных схем, разработку методологии оценки опасности и управления риском. Необходим и пересмотр нормативно-методической документации.

1.3. Опасность и риск: понятия, дискуссии, методология

Деятельность человека связана со сложностью принятия решений и ответственностью за их реализацию. Наличие неопределенностей вследствие существования субъективных факторов, противодействий, неполноты информации, временной изменчивости параметров, вероятностного характера интерпретации результатов и т. п. позволяет утверждать, что не существует аспектов абсолютной безопасности. Даже сам термин «безопасность», согласно ГОСТ [63], означает «отсутствие недопустимого риска».

Такая формулировка подразумевает классифицирование рисков по различным уровням или областям, например, область недопустимого риска; область пренебрежимо малого риска; средняя (промежуточная) область [42]. В контексте безопасности, область недопустимого риска означает, что частота возникновения опасных факторов и последствия слишком велики, поэтому обязательны меры по снижению риска или проектные изменения. Область пренебрежимо малого риска характеризуется настолько малой частотой возникновения опасных факторов или настолько незначительными последствиями, что не требуется никаких мер по дальнейшему снижению риска. В средней (промежуточной) области риск допустим только при условии принятия мер, снижающих частоту или последствия настолько, насколько это практически (экономически) целесообразно.

Понятие «допустимый риск» (приемлемый риск), применяемое в нормативной и методической литературе [63, 69, 278, 363, 357, 373 и др.], несколько различается по формулировке. Кроме того, как отмечают *Ю. Л. Воробьев, Н. П. Копылов, Ю. Н. Шебеко* [42], термины «допустимый» и «приемлемый» иногда относят к разным уровням риска, а иногда используют как синонимы, взаимозаменяемые понятия.

По сути, допустимый или приемлемый (*acceptable risk*) означает такой риск, который общество, с целью обеспечения своей жизнедеятельности, готово принять, не рассматривая управление им, т. е. не предусматривая расходы на его снижение в будущем, считая риск оправданным. Этот уровень закладывается в национальные стандарты и учитывает экономические возможности.

Помимо допустимого (приемлемого), в мировой практике используется понятие толерантного риска (*tolerable risk*) [363, 373]. Толерантный – это риск, с которым живет общество, т. к. гарантируются определенные выгоды, но с уверенностью, что риск будет контролироваться, пересматриваться и в будущем, по-возможности, снижаться.

Такое ранжирование относится, как правило, к индивидуальному и социальному риску и устанавливается для объектов жилищного и культурно-бытового строительства в районах с потенциально опасными предприятиями или для обеспечения пожарной безопасности технологических процессов [42]. Но из-за трудностей оценки материальных ущербов и уязвимости, не всегда возможна реализация концепции приемлемого риска. Поэтому при проектировании чаще используется показатель «общественно-приемлемая опасность», означающий максимальную по интенсивности природную опасность для допустимого уровня вероятности ее проявления, с учетом категории сложности объекта и сроков его существования [233].

Что касается зданий и сооружений, для снижения риска чрезвычайных ситуаций в проектах необходимо предусматривать конструктивные и/или неконструктивные меры [258]. Первые включают в себя разработку конструкций с запасом прочности или возможность альтернативного нагружения других элементов при локальном разрушении. Вторые направлены на снижение вероятности события, интенсивности воздействия или последствий. В качестве мер в Еврокодах рекомендованы [258]:

- устранение или снижение угрозы (использование соответствующей конструкции, проведение мер, противостоящих угрозе и т.п.);
- обход угрозы (например, изменение концепции при конструировании);
- контролирование угрозы (проверки, мониторинг, установка сигнализаций);
- преодоление угрозы (увеличение прочности, повышение устойчивости конструкций к износу и т. п.);
- управляемое разрушение конструкции.

Несмотря на наличие большого количества литературы по проблемам риска, многие исследователи делают один и тот же вывод: в настоящее время в науке не сформировалось единого подхода к определению сущности и содержания этого понятия [51, 262]. Однако другие аналитики [8] видят диалектическое единство различных точек зрения, которые можно объединить в три концепции понимания риска как:

- грозящей опасности;
- действий под угрозой опасности;
- психологического процесса выбора варианта поведения в альтернативно развивающейся ситуации с сознательным допущением неблагоприятных последствий.

Рассмотрим некоторые определения терминов «опасность» и «риск», приведенных в различных источниках [19].

А). Опасность:

1) в соответствии с государственными стандартами:

- опасность – потенциальный источник возникновения ущерба [63];
- опасность – источник потенциального вреда или ситуация с потенциальной возможностью нанесения вреда [64];
- опасность – потенциальный источник вреда [67];

- опасность – потенциальный источник причинения вреда, ущерба здоровью [68];
- опасность (техногенная) – «состояние, внутренне присущее технической системе, промышленному или транспортному объекту, реализуемое в виде поражающих воздействий источника техногенной чрезвычайной ситуации на человека и окружающую среду при его возникновении либо в виде прямого или косвенного ущерба для человека и окружающей среды в процессе нормальной эксплуатации этих объектов» [57] (это же определение взято за основу и в рекомендациях [255]);
- опасная ситуация – любая ситуация, в которой человек подвергается одной или нескольким опасностям [68];
- опасное событие – событие, которое может вызвать поражение [60];

2) в методических рекомендациях:

- опасность (аварии) – угроза, возможность причинения ущерба человеку, имуществу и (или) окружающей среде вследствие аварии на опасном производственном объекте [250];
- опасность и риск (применительно к природным и техногенным процессам) – соответственно возможные воздействия на объект и его реакция (уязвимость); опасность (при оценке возможности аварий гидротехнических сооружений) рассматривается в виде процессов, протекающих в гидротехнических сооружениях и зоне их влияния с угрозой для жизни людей или условиям жизнедеятельности, окружающей среде, объектам хозяйства [172];

- опасность – свойство, процесс или состояние общества, природы, или техники, являющие угрозу жизни или благосостоянию людей, их здоровью, объектам окружающей среды или хозяйству [254];

3) в научной литературе:

- опасность – «объективно существующая вероятность негативного воздействия на общество, личность, государство и природную среду, в результате которого им может быть причинен какой-либо ущерб, вред, ухудшающий их состояние, придающий их развитию нежелательные динамику или параметры» [233];
- опасность – «ситуация в окружающей человека среде, в которой при определенных условиях возможно возникновение факторов опасности, способных привести к одному нежелательному для человека и окружающей среды последствию или к их совокупности» (например, ухудшению качества окружающей среды, обусловленному нанесением материального или социального ущерба в результате нарушения процесса хозяйственной деятельности) [233];

4) из набора известных афоризмов:

- опасность – опьянение, которое отрезвляет (*Альфонс Доде*);
- страх опасности в десять тысяч раз страшней самой опасности (*Даниель Дефо*).

На основе вышесказанного, опасность представляется как: источник; потенциальный источник; состояние; ситуация; свойство; процесс; угроза; возможные воздействия; вероятность. К опасным относят события и ситуации. Обобщая и анализируя вышеприведенные определения, можно констатировать, что опасность – это показатель, посредством которого наше внимание пристально направляется на общество, окружающую среду, природно-технические системы.

Б). Риск:**1) из федерального законодательства:**

- риск – «вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда» [195];
- уровень допустимый риска (по отношению к аварии сооружения) – значение риска аварии, которое установлено нормативными документами [191];
- риск (пожарный) – «мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей» [288];

2) согласно государственным стандартам:

- риск (возникновения чрезвычайной ситуации) – вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации, определяемая соответствующими показателями риска [56];
- риск – сочетание вероятности события и его последствий [62, 64, 69];
- риск – сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба [63];
- риск – сочетание вероятности появления опасного события и его последствий [67];
- риск (проектный) – сочетание вероятности появления опасного события и его последствий для целей проекта [66];

- риск (допустимый) – «риск, который в данной ситуации считают приемлемым при существующих общественных ценностях» [63]; «оптимальный баланс между безопасностью и требованиями, которым должны удовлетворять продукция, процесс или услуга, а также такими факторами, как выгодность для пользователя, эффективность затрат, обычаи и др.» [357].
- риск (допустимый) – условие, на основе которого причастные стороны предпринимают действия, связанные с риском [69];

3) из методических рекомендаций и руководств:

- риск – осознанная опасность (угроза) наступления в любой системе негативного события с определенными во времени и пространстве последствиями [232, 254];
- риск – мера сочетания (обычно произведение) вероятности или частоты возникновения определенной угрозы и величины последствий этой угрозы [258];
- риск (аварий гидротехнических сооружений) – вероятностная мера опасности, установленная для гидротехнического сооружения определенной уязвимости в виде возможных потерь [172];
- риск приемлемый (аварии) – риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических соображений; риск эксплуатации объекта является приемлемым, если ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество готово пойти на этот риск [250];
- риск экономический – показатель опасности или совокупности опасностей, установленный для определенного объекта в стоимостном выражении его потерь (ущерба) за заданное время [254];

- риск приемлемый (предельно допустимый) – риск, уровень которого допустим и обоснован, исходя из экономических и социальных соображений [278];
- риск техногенный – мера опасности, характеризующая возможность (ожидаемую частоту) возникновения аварий и тяжесть их последствий [278];

4) из научной литературы:

- риск – это деятельность, связанная «с преодолением неопределенности в ситуации неизбежного выбора, в процессе которой имеется возможность количественно и качественно оценить вероятность достижения предполагаемого результата, неудачи и отклонения от цели» [4];
- риск – «вероятностная мера опасности или совокупности опасностей, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за заданное время» [232];
- риск – мера, позволяющая измерить опасность количественно; представляет собой многокомпонентную величину, которую можно рассчитать, измерить на основе моделирования, с помощью статистических данных; риск включает в себя такие количественные показатели, как частоту или вероятность появления опасного фактора, величину ущерба от воздействия, при этом имеется неопределенность в величинах и вероятности, и ущерба [233];

5) в известных афоризмах:

- нет дела без риска [83];
- риск пополам, барыши и убытки [83];
- разумный риск – самая похвальная сторона человеческого благоразумия (*Джордж Сэвил Галифакс*);

– кто ищет одних лишь верных прибылей, вряд ли станет очень богат; а кто вкладывает все имущество в рискованные предприятия, зачастую разоряется и впадает в нищету; поэтому надлежит сочетать риск с известным обеспечением на случай убытков (*Фрэнсис Бэкон. «Богатство и деньги»*).

Итак, под риском понимают: вероятность; частоту; меру; вероятностную меру опасности; осознанную опасность; сочетание (комбинацию) вероятности и последствий; деятельность. Риск может называться потенциальным, коллективным, индивидуальным, социальным, территориальным, техническим, экологическим, экономическим и быть допустимым, недопустимым, приемлемым, толерантным, остаточным. Риск связывают с ущербом – потерями некоторого субъекта или группы субъектов, части или всех своих ценностей [61]. С целью практической оценки риска, ущерб подразделяют на прямой, косвенный, полный, экономический, социальный, экологический.

Обзор источников показал, что терминология опасности и риска привязана к какой-либо отрасли науки, деятельности и имеет свои особенности понимания. Тематика настоящей работы относится к инженерно-геологическим опасностям и рискам, величины которых зависят от надежности сооружений.

Надежность означает вероятность безотказной работы сооружения, здания в течение всего срока службы, в зависимости от интенсивности и вероятности возникновения воздействий, связанных с опасными инженерно-геологическими процессами [247]. В качестве оценок надежности могут выступать коэффициент запаса прочности сооружения, категория его технического состояния или, условно, баллы [98].

Надежность природно-технической системы обеспечивается расчетом, учитывающим снижение физико-механических свойств грунтов, воз-

возможные невыгодные сочетания воздействий и нагрузок, особенности работы грунтового массива, эксплуатационные условия [108]. С помощью ремонта можно регулярно продлевать время работы сооружений.

В горных районах надежность линейных сооружений зависит от надежности инженерной защиты, основное назначение которой – обеспечение безопасности и бесперебойности движения транспортных средств, предотвращение аварийных деформаций трубопроводов и опор *ВЛ*. Но в реальных условиях содержание, например, автомобильных дорог может требовать частых ремонтных работ для устранения последствий воздействий инженерно-геологических, в частности, оползневых [17].

И. Г. Тер-Степанян [281] предлагает выражать оползневой риск в виде относительной оценки степени возможного появления оползня или вероятной опасности в существующих или измененных при освоении природных условиях. Оползневой риск представлен показателями его величины и вероятности [291]. Вероятность риска подразумевает вероятность ущерба (экологического, социального, экономического), если произойдет воздействие оползня на какой-либо объект, а величина риска соответствует величине этого ущерба. Из определений следует, что риск определяется для объектов и выражается стоимостных или в физических единицах [332].

Риск рассматривается на основе схемы «опасность–последствие» и оценивается в таких категориях, как высокий, средний, низкий, очень низкий, очень высокий. Для подобной оценки используют качественные, полуколичественные и количественные подходы [348].

Качественная оценка выполняется специалистами по имеющейся в их распоряжении информации и результатам обследований склонов и сооружений. В полуколичественных подходах уделяется внимание анализу факторов и оценке их возможного участия в нарушении устойчивости склона, которое может привести к последующему ущербу, при этом качественным

параметрам присваиваются количественные величины – баллы. Анализ связи между качественными и количественными параметрами факторов позволяет найти оптимальное и приемлемое решение [109]. Количественная оценка основывается на вероятностных методах расчета.

Математически, риск (R) можно представить в виде [351]:

$$R = P(D) \times P(V) \times \text{последствия}, \quad (1.1)$$

где $P(D)$ – вероятность того, что возникнет опасность,

$P(V)$ – вероятность ожидаемого ущерба в случае, если опасность реализуется,

последствия – могут быть финансовыми (экономический риск) или экологическими (экологический риск), связанными с окружающей средой.

Или выразить как [139, 331, 376]

$$R(A) = P(A) \times Y(A), \quad (1.2)$$

где $P(A)$ – вероятность возникновения опасности, частота события,

$Y(A)$ – ожидаемый от события ущерб.

На основе формул (1.1) и (1.2), риск – это вероятность ущерба. Риск определяется произведением частоты события (в данном случае оползневого) или вероятности опасности на ожидаемый ущерб [139, 331, 376].

Природные риски в России и за рубежом стали изучаться с первой половины 70-х гг. прошлого столетия. Первопроходцами в этой области являются академик *В. И. Кейлис-Борока* и группа сейсмологов Института физики Земли АН СССР [243]. Анализ рисков и их количественная оценка связывалась с необходимостью обеспечения безопасности технически сложных систем, а также опасных производств: химических, ядерных, космических.

К настоящему времени в области риск-анализа в целом, оценки уязвимости, инженерно-геологических опасностей, районирования (картирования) территорий, разработки критериев безопасности и выбора мер накоплен определенный материал и опубликованы значимые работы *В. А. Акимовым* [1], *А. С. Алешиним* [3], *А. А. Арямовым* [8], *В. Н. Буровой* [30], *А. А. Быковым* [32, 33], *А. А. Варгой* [34], *Ю. Л. Воробьевым* [42], *И. В. Галицкой* [45], *А. Б. Голубевой* [51], *В. М. Гранатуровым* [77], *Е. С. Дзекцером* [90], *С. В. Жаденовой* [109], *А. И. Казеевым* [127], *М. А. Клячко* [135], *В. Ф. Котловым* [143], *В. В. Лесных* [155], *В. И. Макаровым* [159], *В. Е. Меркиным* [171], *С. Г. Миронюком* [176], *С. М. Мяжковым* [187], *В. И. Осиповым* [200], *Т. И. Подгорной* [219], *А. Л. Рагозиным* [244, 247], *Н. А. Рыхтиковой* [262], *В. М. Трбоевичем* [293], *Л. Н. Хрустальевым* [312], *А. И. Шеко* [331], *Е. Е. Alonso* [341], *Е. N. Bromhead* [344], *R. Chowdhury*, *P. Flentje* [348], *J. T. Christian*, *C. C. Ladd*, *G. B. Baecher* [349], *M. Duncan*, *M. Navin*, *Th. F. Wolff* [150, 371], *H. H. Einstein*, *Karim S. Karam* [151], *H. El-Ramly*, *N. R. Morgenstern*, *D. M. Cruden* [152], *A. I. Husein Malkawi*, *W. F. Hassan*, *S. K. Sarma* [365], *J. Norrman* [368], *G. Vavrowsky*, *R. Pottler* [376] и другими специалистами.

С. М. Мяжковым [187] предложена модель взаимодействия различных видов риска (рисунок 1.5), согласно которой риск классифицируется по:

1) происхождению:

- природный;
- социогенный;
- техногенный

2) роду объекта, который подвергается опасности:

- экологический – для природной среды;
- социальный – для человека, общества;
- экономический – для техносферы.

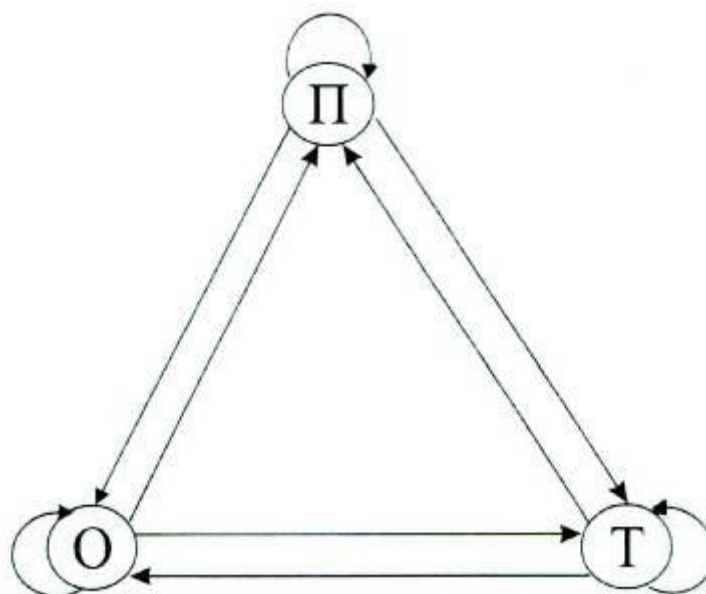


Рисунок 1.5 – **Схема источников и адресатов риска** [187]

П – природная среда, О – общество, Т – техносфера.

Риск, проистекающий из П, – природный, из О – социогенный, из Т – техногенный. Риск, направленный на П, – экологический, на О – социогенный, на Т – экологический

А. Л. Рагозиным [244, 246] обосновано возникновение и существование риска только при условии пересечения опасности с объектом и предложена концепция безопасности, основанная на анализе риска и определении допустимых его параметров. Опасность рассматривается как свойство, или процесс, или состояние общества, техники, природы, представляющие угрозу благосостоянию, жизни людей, окружающей среде, объектам, а риск – как вероятностная мера этой опасности в виде возможных потерь за определенное время [246].

Введено понятие «уязвимости» как внутреннего свойства объектов, от которого зависит возникновение ущерба [44]. В соответствии с Рекомендациями по оценке геологического риска [254], под уязвимостью понимается свойство объекта утрачивать способность к выполнению своих

функций при поражении опасностью определенной интенсивности, длительности воздействия и генезиса. *Е. С. Дзекцер* [90] обращает внимание, что для материального объекта, уязвимость определяется его восприимчивостью к воздействию (конструктивными особенностями) и состоянием конструкций (степенью износа, например) и характеризуется реакцией объекта на опасные воздействия.

Вероятностная оценка уязвимости представляет определенные трудности [233]. Являясь интегральным параметром восприимчивости объектов к воздействию факторов опасности, уязвимость определяется на основе экспертных оценок ее показателей, а также коэффициентов значимости этих показателей, в сумме составляющих единицу [150].

Выявлены причины увеличения риска возникновения опасных инженерно-геологических процессов [247]:

- активное освоение территорий, на которых есть вероятность развития неблагоприятных процессов;
- деятельность человека (наведенная сейсмичность, переработка берегов водохранилищ, подтопление территорий и т. п.);
- несовершенство знаний о закономерностях появления и развития инженерно-геологических процессов.

Российскими и зарубежными специалистами предложены методики оценки риска, в т. ч. оползнеопасных склонов и откосов, на основе качественного, полуколичественного и количественного подходов [157, 353 и др.]. Так, для оценки вероятности оползневого события полуколичественным методом используются эмпирические коэффициенты, которые учитывают воздействующие факторы или особенности инженерно-геологических, гидрогеологических условий на конкретном участке.

Изданы рекомендации, позволяющие на территории г. Москвы оценить геологический риск [254]. Разработаны методические рекомендации для оценки возможных рисков, а также управления ими, на железнодорожной инфраструктуре [173]. Соответствующий процесс управления риском представлен на рисунке 1.6. В некоторых странах введены в действие национальные стандарты по риск-анализу [342, 343, 345, 362].

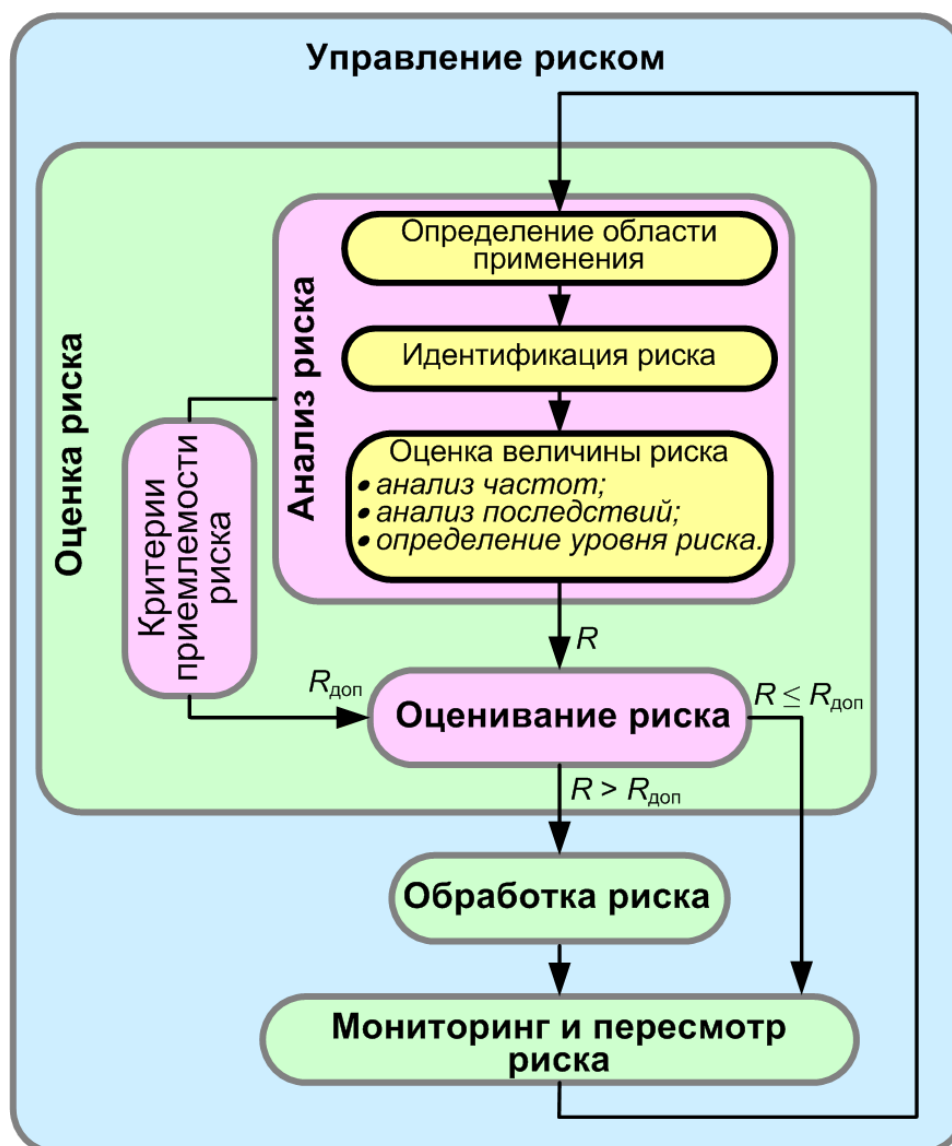


Рисунок 1.6 – Процесс управления риском [173]

Среди основных и непревзойденных достижений исследований природных рисков в России выделяются [243]:

1. Разработка и применение методологии оценки, картографирования и управления природными рисками на основе вероятностного подхода для обоснования проектных решений по хозяйственной организации и инженерной защите территорий.
2. Создание и апробация первой в мире методики оценки сейсмического риска.
3. Введение в СНиП 11-02-96 (СП 47.13330.2010) «Инженерные изыскания для строительства» требования об оценке и составлении карт геологических и других природных рисков при обосновании проектов строительства на территории России.

Однако, результаты оценки опасностей и рисков на практике за прошедшие 20–25 лет, по свидетельству исследователей, занимающихся решением этой проблемы, затрудняется отсутствием необходимых материальных ресурсов для разработки полного объема защитных мероприятий [20]. В настоящее время целесообразно стремиться к определенному уровню безопасности на промышленных объектах и в пределах конкретных территорий. Достигается безопасный уровень посредством комплекса мероприятий, направленных на снижение возможных ущербов за счет нормативно-правовых и организационно-технических мер [99].

Большую помощь в управлении риском в районах, где есть опасность развития оползневых процессов, оказывает мониторинг. Его задача – выдать эксплуатирующим организациям достоверные прогнозные данные. Модель или программа мониторинга разрабатывается на основе имеющихся материалов изысканий с учетом данных наблюдений, выполнявшихся за предшествующие годы, и показывает динамику развития неблагоприятных склоновых процессов на участках строительства ответственных сооруже-

ний [338]. С целью предотвращения аварийных повреждений сооружений, например, трубопроводов, к задачам, решаемым на основе мониторинга (выявление опасных участков), рекомендуется [227] добавлять оценку опасности для трубопроводов, определение масштабов оползня, обоснование необходимых для контроля состояния трубопровода и оползня параметров, а также организовать систему не только сбора и обработки данных, но и принятия решения [227].

При выполнении сейсморазведочного мониторинга оползневых зон ВЛ в г. Сочи, на склонах выявлена тенденция грунтов, представленных глинами, к разуплотнению (в различные периоды наблюдений скорости волн были разными). При сопоставлении полученных данных с результатами прогнозных расчетов устойчивости определена потенциальная аварийность опор. Это позволило классифицировать участки по очередности проведения противооползневых мероприятий и своевременно принять необходимые меры, включающие в себя и усиление фундаментов опор [169].

Таким образом, естественным следствием оценки опасностей и рисков является принятие необходимых и достаточных мер по их снижению, т. е. поиск решений в составе управления риском. Однако, сочетание слов «управление риском» также вызывает научную дискуссию.

В работе [75] утверждается, что такая словесная конструкция не соответствует общим понятиям, используемым в современной теории управления. Отмечается следующее: «Риск – не объект, и не может, следовательно, являться объектом управления. Риск не может функционировать, и у него нет результатов функционирования: управлять риском невозможно. Риск – это мера опасности объекта, что в целом по содержанию подтверждают и авторы документов...» Поясняет сказанное простой пример: «...Опытные автолюбители управляют самим автомобилем, а не стрелкой спидометра» [76]. Развивая эти умозаключения, можно полагать,

что невозможно управлять и надежностью, и безопасностью, которые также «не объекты». Однако управлять можно не только объектами, но и действиями, и свойствами, и процессами, и проектированием.

Рассмотрим ГОСТ Р 51901.1-2002 [64], гармонизированный с международным стандартом ИЕС 60300-3-9:1995, который по-русски звучит «Управление надежностью...» [356]. Найдем определение «надежность» в ГОСТ 27.002-89 [53], на который ссылается большинство нормативных документов при формулировке этого понятия и связанных с ним терминов: «Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования» [53].

Из определения видно, что надежность – тоже не объект. Как же управлять надежностью? Как разрабатывать «план надежности», ведь, согласно ГОСТ Р 51901.2-2005 [65], «план надежности – документ, излагающий определенные методы надежности, ресурсы и последовательность действий, уместных для конкретного изделия (продукции), контракта или проекта»? Аналогично, в соответствии с ГОСТ Р 51901.3-2007 [70], «план надежности – документ, устанавливающий методы, ресурсы и последовательность действий в сфере надежности, уместные для конкретного изделия (продукции), контракта или проекта». Очевидно, что в понятие «управление», относящееся не к объекту, а свойству, мере, действию вкладывается иной смысл, более широкий спектр задач, пути их решения, изложенные, например, следующим образом в стандартах:

- «...настоящий стандарт может быть использован руководством, персоналом и другими причастными сторонами для управления риском в организации или при разработке проекта в любой области и на любой стадии жизненного цикла» [69];

- «управление риском – действия, осуществляемые для выполнения решений в рамках менеджмента рисков» («управление риском может включать мониторинг и переоценивание») [63].

Интересен факт, что многие успешные предприниматели не вникают глубоко в проблематику управления риском (не просчитывают ежедневно различные комбинации событий), хотя их принципы организации работы (можно сказать, интуитивные) способствовали удачному процветанию. Например, известный всему миру изобретатель, впервые организовавший производство автомобилей, *Генри Форд* отметил: «Когда я не могу управлять событиями, я предоставляю им самим управлять собой» [308]. Главными составляющими он считал работу и создание производственного продукта, презирая банкиров, финансистов и само управление: «Сколько людей, по-видимому, уверено, что важнее всего устройство фабрики, сбыт, финансовые средства, деловое руководство. Важнее всего самый продукт, и всякое форсирование продукции до того, как продукт усовершенствован, означает трату сил» [308].

Основные принципы *Генри Форда* – меньше административного духа в деловой жизни, но больше делового духа в администрации («статистикой не построишь автомобиля»). Рост прибыли на его предприятиях создавался за счет [19, 308]:

- ежегодного увеличения объема производства;
- повышения качества продукции (включая возможность смены деталей автомобиля по потребностям покупателя);
- уменьшения издержек и усовершенствования производственного процесса (четкое распределение обязанностей, доставка необходимых для работы предметов непосредственно к рабочим и др.);
- увеличения минимального размера оплаты труда при сокращении рабочего дня до восьми часов;

- повышения заработной платы рабочим (чтобы для них была доступна покупка автомобиля);
- снижения цен на собственные автомобили;
- создания отличной репутации и приобретения доверия покупателей (взаимоотношения с конкурентами строились не на основе повышения цен на автомобили, а путем выдачи облигаций каждому отдельному покупателю (при его желании) с гарантией обеспечения от каких-либо случайностей, связанных с вредительством тех, кто стремился завладеть производством);
- требования от принятых на работу людей одного – желания работать (их прошлое при этом игнорировалось).

Разве вышеназванные принципы организации труда нельзя назвать управлением? При этом учтем, что *Генри Форд*, так сказать, – необразованный человек (не окончил школу), родился в бедной семье, первые годы поиска работы были для него очень трудными. Однако, благодаря умению устанавливать взаимоотношения с людьми, он сформулировал четкую цель: «Главная польза капитала не в том, чтобы сделать больше денег, а в том, чтобы делать деньги ради улучшения жизни» [308].

«Если мы сможем предлагать улучшенные товары каждый год, никто не сумеет догнать нас и конкурировать с нами. Единственное, что они смогут, – воспроизводить наши же модели, которые мы делаем сами», – это слова *Джорджа Истмена*, основателя компании «Кодак», создателя первого компактного фотоаппарата [124]. После семи лет обучения в школе молодой человек оставил учебу из-за трудного материального положения в семье. Трудовую деятельность начал чистильщиком плевательниц в страховой компании. Последующий успех предприятия «Кодак» обеспечивался постоянным стремлением *Джорджа Истмена* к усовершенствованию продукции. Его принципы организации производства [124]:

- доступные цены на выпускаемую продукцию;
- большой оборот;
- выдача сотрудникам, помимо зарплаты, дивиденда, пропорционального прибыли компании;
- выдача пособия по уходу на пенсию;
- страхование жизни и на случай потери трудоспособности;
- благотворительность широких масштабов (финансирование стоматологической клиники, основание музыкальной школы, театра, симфонического оркестра в г. Рочестер).

Не трудно видеть, что в обоих приведенных примерах успеху предприятий способствовали не составление сценариев развития событий и даже не другие оценивающие и управляющие действия (диверсификация, лимитирование и др.), а стремление к выпуску высококачественной продукции на своем предприятии, безупречная репутация, внимательное отношение к сотрудникам, доступность продукции для потребителей и ее надежность. А некоторые элементы организации, например, страхование, напрямую относятся к действиям по управлению риском. То есть по сути, управление риском – это правильная организация работы [19].

Таким образом, обзор литературных источников и анализ публикаций позволил определить основные направления диссертационных исследований. Как отмечает *И. В. Галицкая* [44], на существующем этапе развития методов исследований проблемы техноприродного риска и принципов методологии, вполне закономерно наличие разных подходов. В целом же, концепции обеспечения безопасности реализуемы при условии проведения комплекса технических и организационных мероприятий и совершенствования правовой, нормативной, методической основы, позволяющих производить действия по оценке рисков [99].

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОТИВООПОЛЗНЕВОЙ ЗАЩИТЫ

Согласно Техническому регламенту о безопасности зданий и сооружений [287], «Результаты инженерных изысканий должны быть достоверными и достаточными для установления проектных значений параметров и других проектных характеристик здания или сооружения, а также проектируемых мероприятий по обеспечению его безопасности...» (ст. 15, гл. 3). Первостепенной задачей при разработке мероприятий инженерной защиты является оценка устойчивости откосов и склонов, основанная на достоверных значениях показателей физико-механических свойств грунтов. От результатов расчетов зависят конструктивные решения удерживающих сооружений, их местоположение на склоне, количество ярусов и, в целом, безопасность функционирования ТПТС.

2.1. Инженерно-геологические условия транспортных природно-технических систем Черноморского побережья Кавказа

В настоящей работе объектами изучения инженерно-геологических условий являются:

- трассы газопроводов высокого давления: «Адлер – Красная Поляна», «Россия – Турция»; площадки компрессорных станций: «Береговая», «Краснодарская»;
- трассы автомобильных дорог на территории Краснодарского края: Адлер – Красная Поляна (А-149), Дон (М-4), Джубга – Сочи (М-27), Майкоп – Туапсе, Обход г. Сочи, Горячий Ключ – Хадыженск и другие

регионального значения, включая вдольтрассовые автомобильные дороги газопровода «Россия – Турция»;

- железнодорожная линия «Адлер – аэропорт»;
- оползнеопасные территории расположения опор линий электропередач в г. Сочи, г. Новороссийске и их окрестностях, а также вдольтрассовая ВЛ газопровода «Россия – Турция».

Анализ условий проложения трасс трубопроводов, автомобильных и железных дорог, линий электропередач на Черноморском побережье Кавказа (ЧПК) показал, что почти на всем протяжении сооружения и верхние слои литосферы находятся в зоне влияния экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов – склоновых и флювиальных (рисунки 2.1–2.4) [123, 183, 207, 239, 282 и др.]. Основные транспортные пути, как правило, приурочены к склонам долин рек, сложенных глинистыми разностями пород различных горизонтов – от четвертичных суглинков до юрских аргиллитов и глинистых сланцев. В этих породах развиваются оползни, захватывающие как чехол рыхлых делювиальных отложений, так и зону элювия, а также массивы выветрелых коренных пород [325].

В связи с оползневой опасностью, основную проблему представляет обеспечение устойчивости откосов и склонов транспортно-коммуникационных сооружений. Согласно СП 116.13330.2012 (п. 5.1.1) [275], оползнеопасными считаются территории, на которых существует возможность возникновения или активизации оползневых проявлений в периоды строительства объекта и эксплуатации. При этом границы таких территорий определяются в соответствии с результатами комплексных инженерных изысканий и расчетов устойчивости склонов, отдельно выделяя оползневые зоны, в пределах которых отмечены в настоящее время или ранее отмечались активные оползни.

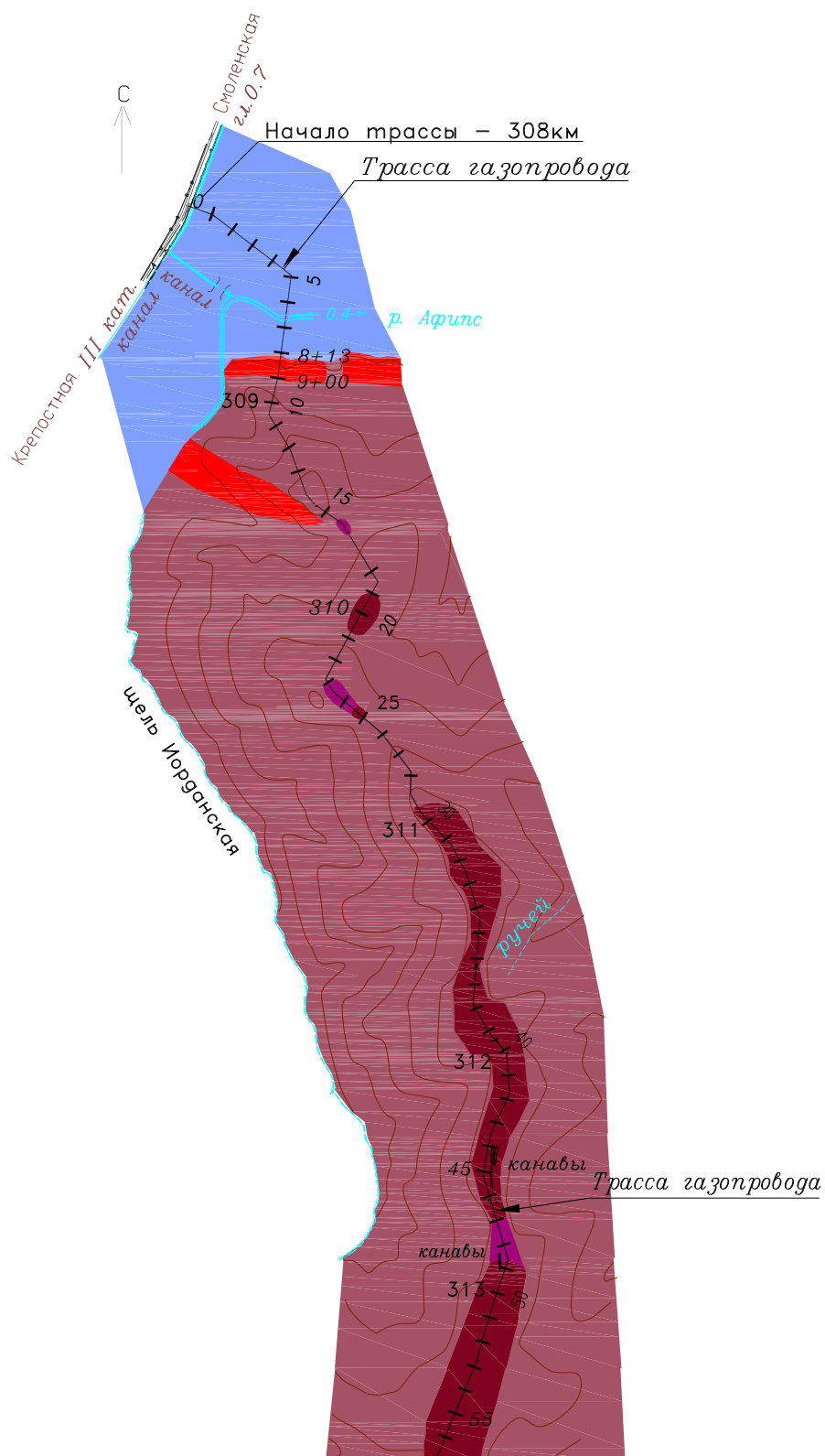


Рисунок 2.1 – Карта-схема экзогенных геологических процессов ТПТС на примере трассы газопровода «Россия – Турция», км 308 – км 314 (в соответствии с [282])

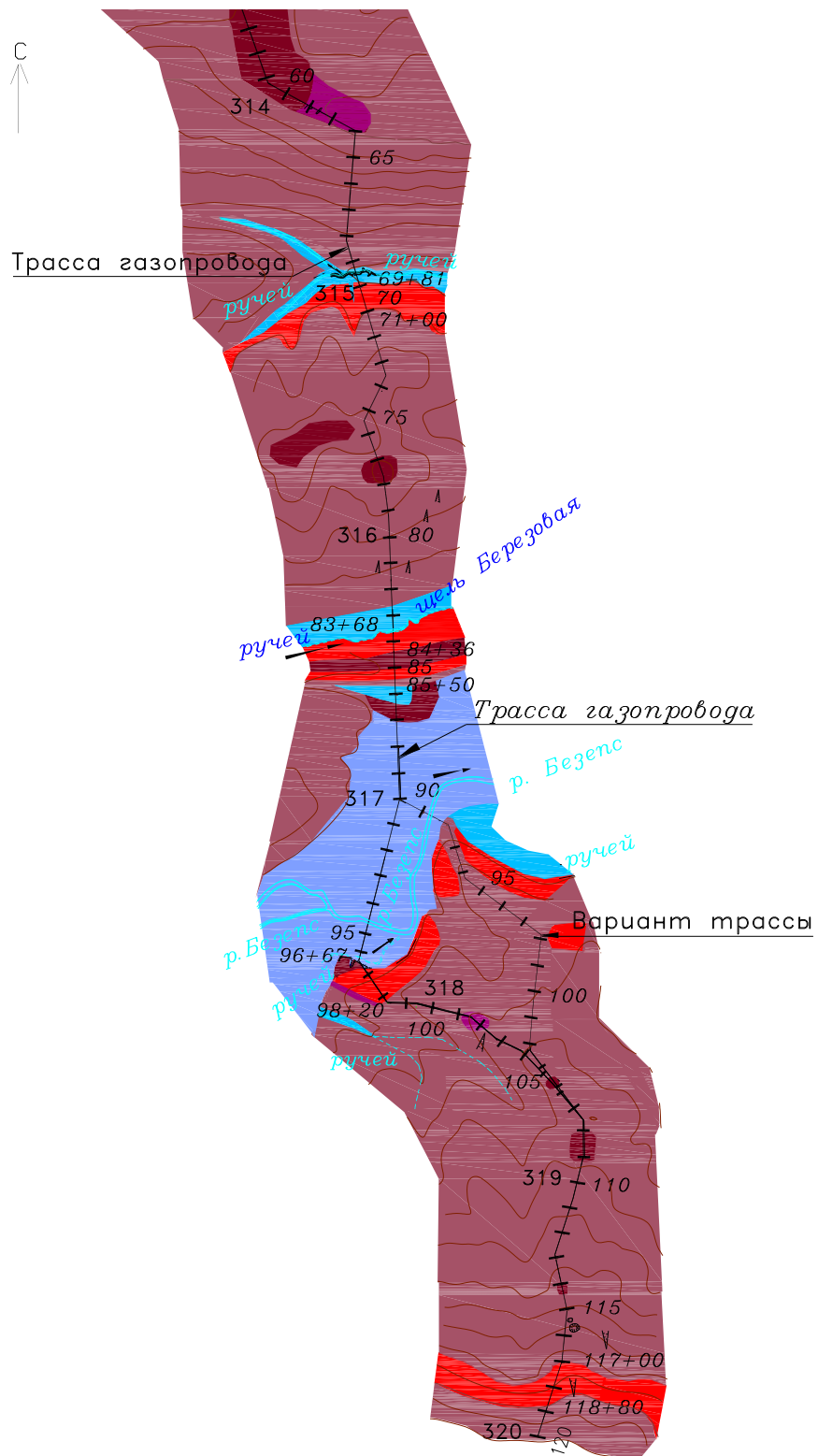


Рисунок 2.2 – Карта-схема экзогенных геологических процессов на примере трассы газопровода «Россия – Турция», км 314 – 320 км (продолжение рисунка 2.1)

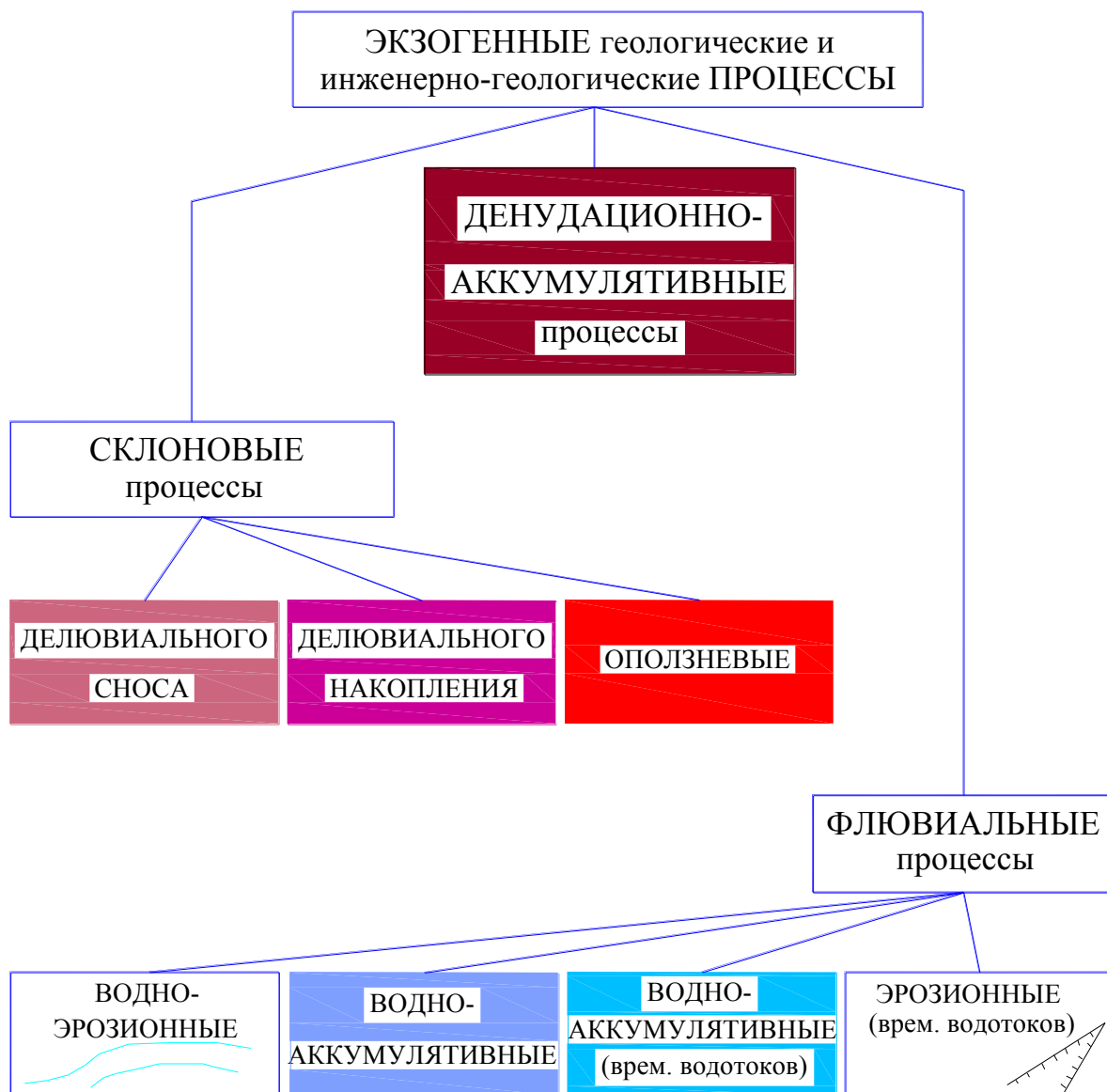
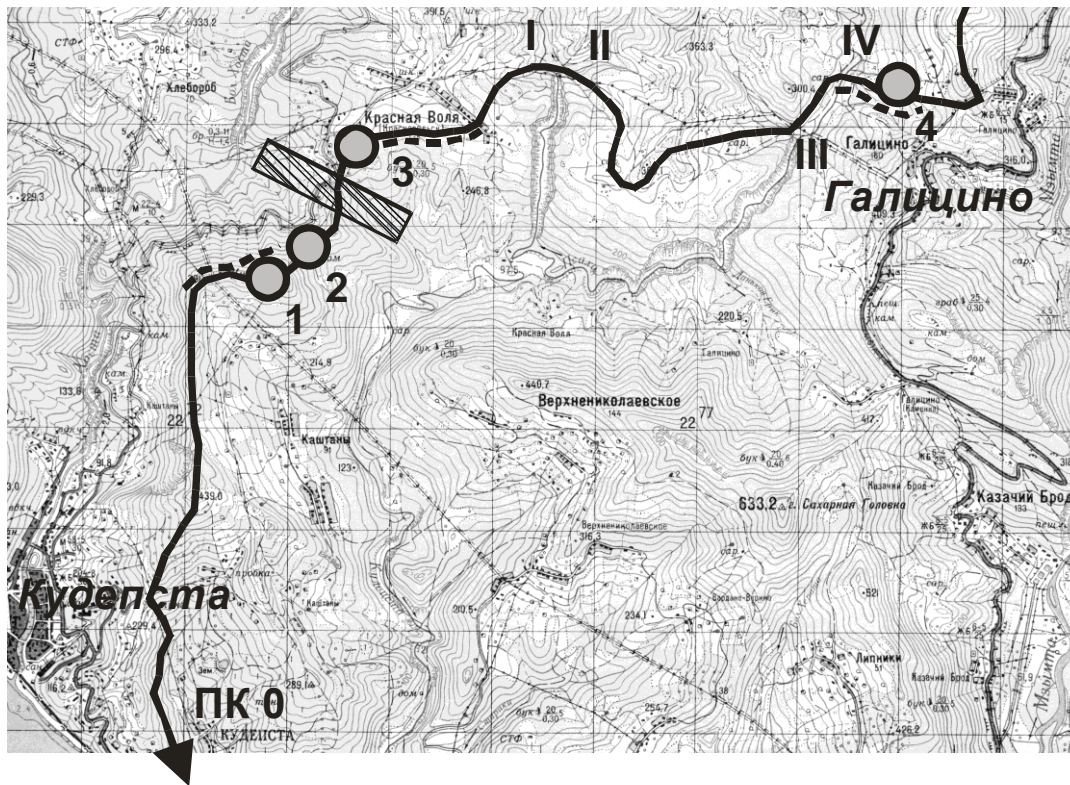
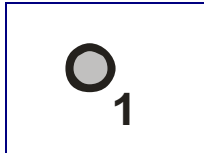


Рисунок 2.3 – Условные обозначения к карте-схеме экзогенных геологических процессов трассы газопровода «Россия – Турция»

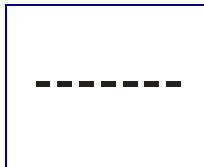


Трасса газопровода



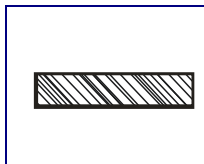
Участки активных оползней и их номера.

Оползневых участков по трассе – 15, общей протяженностью 3 540 м



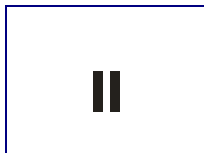
Участки активного развития эрозии, камнепада, карста.

Участков развития эрозионных, карстовых процессов, камнепада – 19, общей протяженностью 4 590 м



Участки пересечения трассой зон тектонических

нарушений. Тектонических участков – 4, общей протяженностью 560 м



Участки водных преград. Участков водных преград по

трассе – 11, общей протяженностью 310 м

Рисунок 2.4 – Фрагмент карты-схемы геологических условий ТПТС

ЧПК на примере трассы газопровода «Адлер – Красная Поляна»

(в соответствии с [207])

В соответствии с широко используемой классификацией *В. В. Кюнцеля*, на Европейской территории России и на Кавказе преимущественно распространены оползни скольжения, выдавливания (сдвига), течения [130]. Согласно региональным рекомендациям по выполнению изысканий на оползневых склонах [252], на объектах исследований преимущественно развиты следующие типы/подтипы оползней:

1. Скольжения/соскальзывающие–консеквентные (рисунок 2.5): «соскальзывание по ослабленным поверхностям (трещинам, контактам) пакетов, пачек, блоков и массивов однородных или слоистых пород, залегающих согласно с направлением и крутизной склонов и деформирующихся вследствие регрессивного изменения напряженного состояния, увлажнения и размягчения контактов слоев»;
2. Течения:
 - а) пластические (рисунок 2.6): «медленное пластическое течение всей толщи однородных или слоистых глинистых пород или ее нижней части с одновременным сколом и смещением вышележащих пород вследствие регрессивного изменения реологических свойств при увлажнении»;
 - б) оползни-оплывины (рисунок 2.7): «быстрое вязкое течение почв и грунтов деятельного слоя, представленного глинистыми, пылеватыми, песчано-глинистыми и щебеночными отложениями с глинистым заполнителем, происходящее в виде разовой подвижки вследствие резкого снижения прочности при избыточном увлажнении (разжижении) и высоких гидравлических градиентах»;
3. Сложные (рисунок 2.8): «сложное сочетание и переход одних типов оползней в другие» [252].



**Рисунок 2.5 – Оползень скольжения консеквентный
(автомобильная дорога Обход г. Сочи, ПК52)**



**Рисунок 2.6 – Оползень пластического течения
(газопровод высокого давления «Адлер – Красная Поляна»)**



Рисунок 2.7 – Оползень-оплывина (аммиакопровод в районе балки «Куцая» п/о Тамань)



Рисунок 2.8 – Сложный оползень (автомобильная дорога Хоста – Верхняя Хоста, км 6)

Природные условия и факторы, воздействующие на исследуемые ТПТС, довольно разнообразны. Полка трассы магистрального газопровода «Россия – Турция» [123, 208, 283 и др.] на участке 307.8–370 км проложена в условиях сложного рельефа. Оползнеопасные участки расположены на территории Краснодарского края в пределах западного окончания горного сооружения Северо-Западного Кавказа. Естественный рельеф горный, залесенный, абсолютные отметки колеблются от 36 до 500 м. Терри-

тория освоена незначительно. Антропогенные формы рельефа практически отсутствуют. Поверхностные и грунтовые воды в зоне разгрузки собираются в многочисленные промоины, ручьи, стекая через систему мелких рек и балок в более крупные реки – Безепс, Дефань, Джубга, Шапсухо, Шебш [20]. В пределах рассматриваемого отрезка трассы газопровода «Россия – Турция» распространены отложения от средней юры до четвертичного возраста. Они представлены нижеследующими стратиграфогенетическими комплексами (СГК) [123, 208, 283 и др.]:

- комплекс среднеюрских аргиллитово-сланцевых отложений (ааленский и байосский, J_{2a+bj});
- флишевый комплекс карбонатно-терригенных отложений верхней юры волжского яруса – нижнего мела, берриасского яруса ($J_{3v}+K_{1br}$);
- флишевый комплекс терригенных нижнемеловых отложений от готеривского до альбского ярусов (K_{1kh+al});
- карбонатный флишевый комплекс верхнего мела маастрихтского и датского ярусов (K_{2m+d});
- комплекс верхне-среднеплейстоценовых аллювиальных отложений (aQ_{2+3});
- комплекс голоценовых и современных элювиальных (eQ_{IV}), элювиально-делювиальных (edQ_{IV}), делювиальных (dQ_{IV}), делювиально-оползневых и оползневых отложений (dpQ_{IV});
- комплекс современных аллювиальных (aQ_{IV}^c) отложений.

СГК юрских и нижнемеловых отложений представлены, в основном, аргиллитами и аргиллитоподобными глинами. Прослойки песчаников, алевролитов и конгломератов имеют подчиненное значение.

Преобладающей породой в отложениях СГК верхнего мела являются мергели. Песчаники и известняки имеют подчиненное значение.

Четвертичные отложения разнообразны по генетическим типам и литологическому составу. Это делювиально-аллювиальные, аллювиальные песчано-гравийно-галечниковые образования с примесью глинистого материала; делювиальные, делювиально-элювиальные, делювиально-пролювиальные и делювиально-оползневые глинистые, суглинистые и крупнообломочные отложения.

Исследуемый отрезок трассы газопровода высокого давления «Адлер – Красная Поляна» (рисунок 2.4) проложен в горной местности западного окончания Центрального Кавказа с сильно развитой овражно-балочной сетью. Газопровод пересекает реки Кепша, Чвижепсе, Медовеевка, Краснополянка и др. Абсолютные отметки рельефа колеблются от 176.1 м до 1181.0 м [207].

В геологическом строении принимают участие СГК [207]:

- средневерхнеюрских отложений (J_{2-3}), представленный глинистыми сланцами, мергелями с редкими прослоями песчаников, известняков, алевролитов;
- меловых отложений (K_{1+2}), представленный глинистыми мергелями темно-серыми, зеленовато-серыми, коричневыми, аргиллитами серыми, известняками и песчаниками светло-серыми;
- среднего плейстоцена-голоцена (Q_{II-IV}), представленный насыпными, делювиальными, делювиально-оползневыми, оползневыми, делювиально-пролювиальными, аллювиальными, элювиальными грунтами.

В геологическом разрезе коренных пород юры и мела преобладают аргиллиты и глинистые сланцы различной степени метаморфизма, выветрелые. Коренные породы перекрываются покровом четвертичных отложений, на отдельных участках выходят на дневную поверхность.

Другие объекты исследования также расположены в сложных инженерно-геологических условиях. Рельеф местности – эрозионно-

денудационный, активно развиты процессы оползневых смещений, выветривания, эрозии, крипа.

Ниже представлено описание исследуемых в настоящей работе инженерно-геологических элементов (ИГЭ) [123, 208, 283 и др.]:

ИГЭ-4а: Объединяет делювиально–оползневые грунты современных оползней (dpQ_{IV}^c), представленные глинами и суглинками буровато-серыми, синевато (голубовато)-серыми, желтовато-серыми, твердыми и полутвердыми, влажными и водонасыщенными, тяжелыми, пылеватыми, со щебнем и дресвой выветрелых аргиллитов и песчаников 10–15%.

ИГЭ-4б: Объединяет нерасчлененные голоценовые оползневые грунты временно стабилизированных оползней (dpQ_{IV}), представленные суглинками, иногда глинами, желтовато-бурыми, буровато- и голубовато-серыми, твердыми и полутвердыми, влажными и водонасыщенными, легкими пылеватыми, с включениями дресвяного грунта, щебня аргиллитов и песчаников до 15%.

Коренные породы субстрата представлены серовато-зелеными, буровато-серыми, серыми аргиллитами, малопрочными, трещиноватыми различной степени выветрелости, а также аргиллитоподобными глинами твердыми с прослоями песчаников.

В зоне полки трассы газопровода «Адлер – Красная Поляна» в инженерно-геологическом разрезе выделено 10 ИГЭ [207]. Для целей настоящей работы использованы данные о прочностных показателях делювиально-оползневых накоплений, представленных суглинками и глинами тугопластичной, полутвердой, твердой консистенции, с содержанием щебня и дресвы осадочных пород до 35%. В пределах остальных участков оползневые грунты также представлены суглинками и глинами тугопластичными, полутвердыми, твердыми, а в области поверхности скольжения, на отдельных участках, – текучими.

2.2. Комплексный анализ устойчивости склонов и откосов транспортных природно-технических систем

Основными вопросами анализа устойчивости откосов и склонов являются определение расчетных значений физико-механических свойств оползневого грунта, выбор расчетной схемы и метода. Преимущество вероятностных расчетов, по сравнению с детерминированными, неоднократно обосновывалось в научной литературе [306, 307, 341, 364, 350 и др.]. Серьезные исследования ведутся в области пространственных расчетов [167]. Однако и для вероятностных в двухмерной постановке, и для пространственных расчетов необходим значительный набор исходных данных. При этом решение задач ускорения сроков проектирования и повышения качества строительства в сложных техно-природных условиях вынуждено осуществляться при необходимости использования местных некондиционных грунтов (что требует дополнительных специальных расчетов) и сокращения финансирования [149].

Большая протяженность вдоль склонов при стесненных горных условиях (трудная доступность для техники) позволяют, как правило, изучать лишь прилегающие к линейному сооружению участки. Да и при проектировании противооползневой защиты в составе ТПТС не всегда ставится задача изучения всего оползневого массива, что не дает возможности увидеть полную картину, особенно при ограниченном финансировании и сжатых сроках работ. В ряде случаев оказывается практически невозможным выполнить, например, бурение скважин для отбора монолитов, что естественным образом снижает достоверность исходных данных и не позволяет оценить степень устойчивости различных участков даже в пределах отведенных границ.

Так, с целью изучения и прогнозирования опасных инженерно-геологических процессов в периоды строительства и эксплуатации тоннеля № 6 автомобильной дороги Джубга – Сочи, на оползневом склоне в районе южного портала (рисунок 2.9) были выполнены изыскания [238]. Для лабораторных исследований, из-за сложности инженерно-геологических условий, пробы отбирались из поверхностных слоев до глубины 4-х м при фактической мощности оползневой толщи 10–11 м, прогнозной – 15 м.

Согласно [238], площадка строительства расположена в нижней части правого склона долины реки Сочи в осевой части межоползневого гребня. Склон в районе портала эрозионно-оползневой, залесенный, слабозадернованный; выше и ниже по течению от портала подвергается активной эрозии русла реки Сочи в периоды паводков. Выделено шесть генераций оползней (рисунки 2.10, 2.11).



Рисунок 2.9 – Площадка строительства на оползневом склоне южного портала тоннеля № 6 автомобильной дороги М-27 Джубга – Сочи



Рисунок 2.10 – Карта-схема активности оползневых процессов в районе южного портала тоннеля № 6 трассы М-27 Дзубга – Сочи, ПК134 – ПК194 (участок обхода Сочи) [238]



Стабилизированные оползни II порядка, сложного типа по механизму смещения, раннеголоценовые



Временно стабилизированные оползни III порядка, сложного типа, среднеголоценовые



Активно развивающиеся оползни IV порядка, пластического течения и сложные, позднеголоценовые



Активные оползни V и VI порядков, пластического течения, современные

Рисунок 2.11 – Условные обозначения к карте оползневых процессов в зоне южного портала тоннеля № 6 (см. рисунок 2.9)

При проведении расчетов устойчивости [248] выявлено несоответствие полученных количественных результатов фактическому состоянию склона (рисунки 2.12–2.15): стабилизированный оползень II порядка, согласно расчету, не устойчив даже в естественном состоянии (коэффициент устойчивости меньше единицы), а активный оползневой очаг IV порядка имеет запас, превышающий нормированный СП 116.13330.2012 [275].

Занимаясь проблемами инженерно-геологического прогнозирования, оценки устойчивости, получения расчетных значений прочностных показателей, *А. А. Каган* [125] обращал внимание на то, что особенно большую помощь в принятии решений приносят результаты обобщений исследований состава и свойств грунтов в изучаемом районе. Поэтому нами, в соответствии с имеющимися региональными рекомендациями [252, 253], выполнены обратные расчеты участка склона, прилегающего к

площадке строительства тоннеля № 6. Это позволило скорректировать расчетные значения сцепления и угла внутреннего трения. Однако для составления прогноза и разработки мероприятий инженерной защиты все равно потребовались дополнительные исследования.



**Рисунок 2.12 – Оползень II-го порядка (нижняя ступень):
древний, стабилизированный; сложного типа**



**Рисунок 2.13 – Оползень IV-го порядка: активный;
пластического течения**

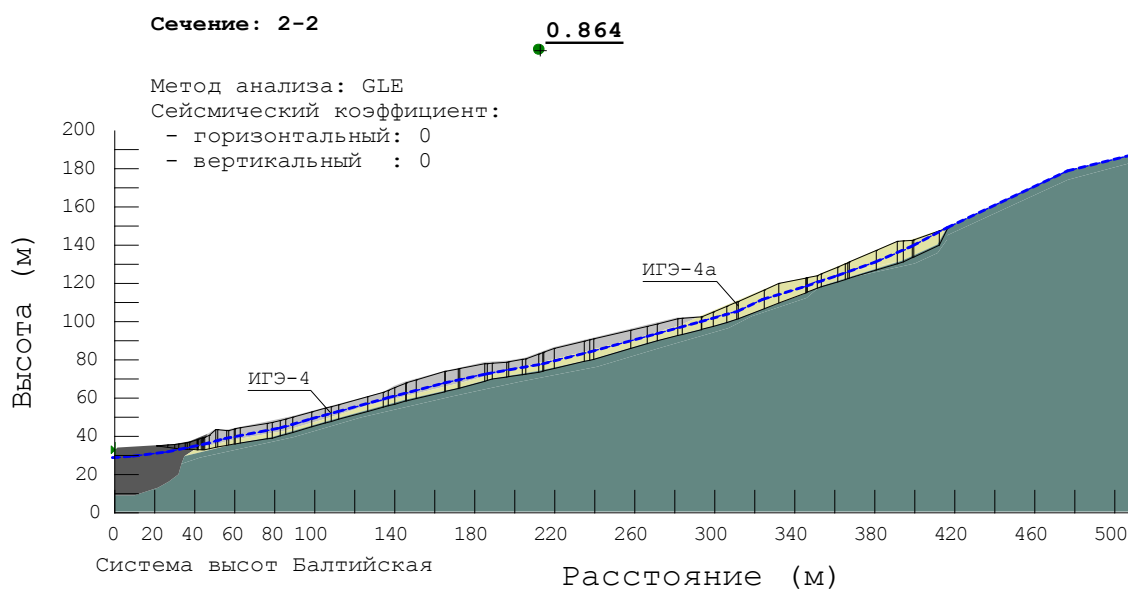


Рисунок 2.14 – Расчет устойчивости оползня II порядка по данным изысканий на основное сочетание нагрузок: $K_y = 0,864 < 1$

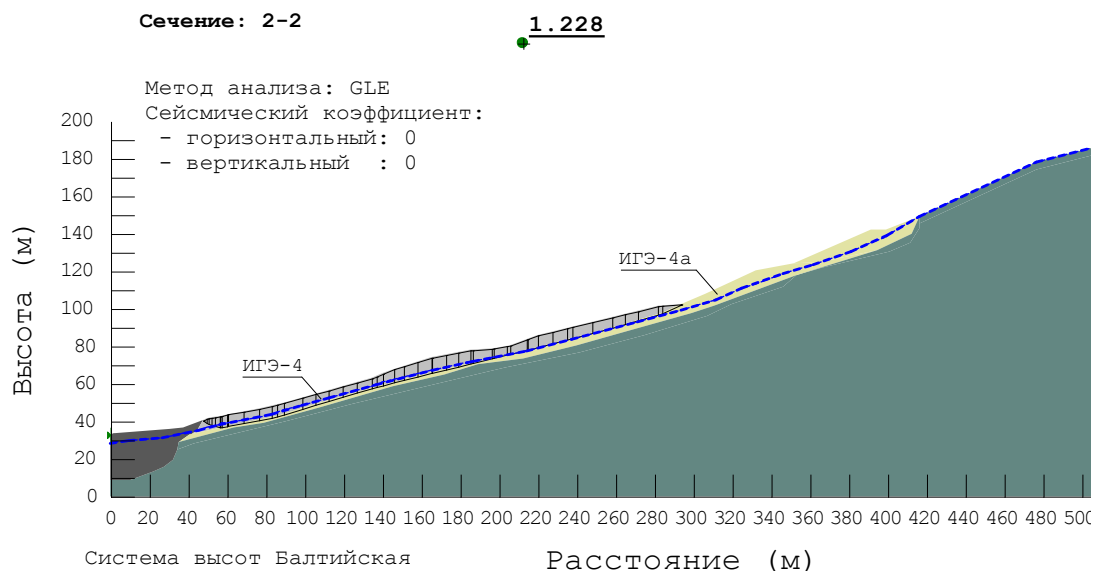


Рисунок 2.15 – Расчет устойчивости оползня IV порядка по данным изысканий на основное сочетание нагрузок: $K_y = 1,228 > 1$

Подобная проблема явилась основой для выполнения в составе данной работы комплексного анализа устойчивости откосов и участков склонов, а также исследований свойств оползневых отложений. При этом имеет смысл, используя обобщенные данные по изучаемому району, разработать методику вычисления расчетных значений для проектирования сооружений противопоползневой защиты.

Отметим, что лабораторные и полевые данные, по сути, характеризуют состав и состояние грунта в определенном месте отбора или испытания образца. Это не значит, что такие же показатели будут и по плоскости разрыва сплошности массива. Исследованиями *А. Я. Туровской* [299] показано, что образцам, отобраным из области поверхности скольжения, главного уступа и языка оползня соответствует различная структура. Многие ученые, в частности, *В. Ф. Безруков* [16], изучающий оползневые процессы на ЧПК, рекомендуют использовать в расчетах показатели, полученные испытаниями монолитов непосредственно из области скольжения, потому что именно эти данные более всего соответствуют предельному состоянию откоса или склона. Несмотря на ряд допущений, сопровождающих лабораторные испытания грунтов, в целом, они позволяют оценить свойства грунтового массива.

Одним из объектов настоящих исследований является площадка установки подготовки газа к транспорту (УПГТ) компрессорной станции (КС) «Краснодарская» [136]. Площадка УПГТ ограничена северным, южным и восточным откосами. В отступление от проекта, ни северный, ни восточный откосы не укреплялись противозерозионными и удерживающими конструкциями. В результате выветривания, водонасыщения, разгрузки грунтов при экскавации, а также воздействия динамических нагрузок от землеройных и сваебойных механизмов, произошло изменение физико-механических свойств и напряженного состояния грунтов. После подрезки

основания восточного откоса траншеей, глубиной 2,5 м, под пожарный водовод, произошло оползневое смещение (рисунок 2.16).

В геологическом строении территории в пределах 20-ти метровой глубины принимают участие глины с прослоями сильновыветрелых песчаников и мергелей, представляющих элювиальный грунт [286]. Формирование восточного, а также южного откосов (в отличие от северного) происходило в два этапа. На первом выполнялась срезка до более низкой отметки, чем задавалась проектом, с созданием вертикальных уступов, высотой 1,0–2,0 м. На втором этапе осуществлялась подсыпка до проектных отметок и заложений откосов с послойным уплотнением грунтов тяжелыми катками. Грунты насыпные представлены глинами делювиальными, имеющими консистенцию полутвердую и твердую.



Рисунок 2.16 – Смещение грунта на Восточном откосе площадки установки подготовки газа к транспорту компрессорной станции «Краснодарская» газопровода «Россия – Турция» (2001 г.)

После формирования трех откосов площадки УПГТ, в западной и восточной ее частях были отрыты котлованы глубиной 1,0–1,3 м под свайные ростверки для проектируемых адсорберов. При последующем выпадении дождей, в процессе бурения лидерных скважин, вода проникала в массив на глубину до 6–7 м, образуя локальные зоны повышенного увлажнения грунта и водоносные линзы. После забивки свай и последующей их эксплуатации отмечено повышение уровня грунтовых вод (УГВ) в связи с барражным эффектом.

На восточном откосе буровыми скважинами были выявлено, что зона повышенного увлажнения грунта расположена в пределах глубин 4,4–4,9 м. Как позже оказалось, именно в этой части массива сформировалась поверхность скольжения. В области проектных отметок низа свай водоносные линзы не отмечены.

В сочетании с пригрузкой строительной площадки катками и динамическим воздействием у ее края техники и механизмов, восточный откос, как подтверждено последующими расчетами, оказался в состоянии предельного равновесия. В массиве сформировались трещины отрыва. Все строительные механизмы были немедленно убраны.

Однако через трое суток, на расстоянии от подошвы откоса 5 м, начали устраивать траншею, глубиной 2,5 м, под пожарный водовод. Прямым следствием явилось смещение грунтов, разрушившее восточный откос и инженерные коммуникации, построенные в его основании.

Для проектирования противооползневых мероприятий были выполнены инженерно-геологические изыскания [286]. На откосе пройдено 9 буровых скважин, две из которых расположены на теле оползня. Двумя скважинами, на глубинах 4,8 и 4,6 м соответственно, зафиксирована поверхность смещения. В одной скважине, на глубине 4,8 м, обнаружено зеркало скольжения под углом 40° , с азимутом падения 230° . Другой

скважиной, в интервале глубин 4,4–4,6 м, в зоне повышенного увлажнения, определено наличие двух свежих трещин, раскрытостью 0,1 см под углом 38° , с азимутом падения 170° .

Для определения прочностных показателей, с разных глубин отобрано 29 монолитов, однако заданный комплекс исследований удалось провести только по 17 из них [286]. В таблице 2.1 представлены значения физико-механических показателей выделенных ИГЭ, полученные сдвиговыми испытаниями по подготовленной и смоченной поверхности.

Таблица 2.1 – **Физико-механические свойства грунтов восточного откоса КС «Краснодарская»**, в соответствии с [286]

№ монолита	ИГЭ	Глубина отбора, м	Удельный вес, γ , кН/м ³	Угол внутреннего трения, φ , град	Сцепление, c , кПа
1	6	1,5–1,8	17,0	3	11
2	6	2,6–3,0	17,0	4	18
3	6	3,4–3,6	17,9	5	23
4	1	1,5	19,2	4	17
5	1	2,5–2,7	18,7	4	24
6	1	3,5	17,9	4	32
7	1	4,5	18,8	3	19
8	1	1,5–1,8	19,1	5	28
9	1	2,5–2,8	19,2	4	15
10	1	3,5–3,8	19,0	3	39
11	1	4,4–4,8	17,1	3	12
12	2	1,5–1,8	18,7	3	21
13	2	3,0–3,3	16,1	5	17
14	6	2,7–3,0	16,1	1	30
15	6	3,5–3,7	16,2	6	43
16	6	6,8–7,1	16,9	3	21
17	6	2,0–2,4	17,6	4	30

Для анализа устойчивости восточного откоса использована канадская программа *SLOPE/W* (лицензия № 94573) [355]. Расчеты выполнены методом общего предельного равновесия – *GLE* – на основе детерминированного и вероятностного подходов. Детерминированный подход реализован на основе расчетных значений показателей φ и c , полученных срезами неконсолидированным при водонасыщении и по подготовленной, смоченной поверхности. Результаты расчетов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Исходные данные и результаты детерминированных расчетов устойчивости восточного откоса КС «Краснодарская»

Расчетная схема	ИГЭ	Удельный вес, кН/м ³	Угол внутреннего трения, град	Сцепление, кПа	Коэффициент устойчивости
«Плашка по плашке»: - без траншеи - с траншеей	1	18,1	3	13	0,881 0,699
«Плашка по плашке»: - без траншеи - с траншеей	6	16,5	2	14	0,951 0,756
Срез водонасыщенный неконсолидированный: - без траншеи - с траншеей	1	18,1	7	63	3,826 3,030
Срез водонасыщенный неконсолидированный: - без траншеи - с траншеей	6	16,5	6	24	1,781 1,416

Для реализации вероятностного расчета в программе *SLOPE/W* [355] выполнена статистическая обработка данных испытаний, приведенных в [286]. Заданы среднеарифметические значения показателей и их стандартные девиации (отклонения) *SD*. Рассмотрены две расчетные схемы, соответствующие состоянию откоса:

- 1) после подвижек грунта (с наличием траншеи в подножье);
- 2) до того, как произошел оползень (без траншеи).

Вероятностные расчеты проведены по нескольким вариантам (таблица 2.3). Результаты представлены в таблице 2.3.

1 вариант.

Использованы и обработаны представленные данные сдвиговых испытаний по всем 17-ти монолитам, т. к. все ИГЭ представлены глинистым грунтом.

2 вариант.

Является продолжением 1-го варианта. Здесь исключены показатели, которые вышли за допустимые пределы коэффициента вариации [55] ($c = 39$ кПа и 43 кПа). Для оставшихся значений вновь выполнена статистическая обработка. Обоснованием этого варианта может служить то, что согласно инженерно-геологическим изысканиям, в грунте встречаются крупные включения, которые при лабораторном испытании создают «шпоночный эффект», завышающий показатели сопротивления сдвигу.

3 вариант.

Для расчета устойчивости выбраны прочностные показатели, соответствующие ИГЭ-6 – оползневой глине (монолиты №№: 1, 2, 3, 15, 16, 17 (таблица 2.1)). Значения по монолиту № 14 (ИГЭ-6) в расчет не приняты, т. к. значительно отличаются от остальных (аналогично варианту 2).

Таблица 2.3 – Исходные данные и результаты вероятностных расчетов устойчивости восточного откоса КС «Краснодарская»

Параметры	Варианты расчетных схем							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Сцепление, кПа:								
среднее значение	23,6	22,2	22,2	21,4	20,2	15,5	15,5	23,4
наименьшее	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	12,0	12,0	12,0
наибольшее	43,0	36,2	30,0	30,0	30,0	19,0	19,0	39,0
стандартное отклонение <i>SD</i>	2,52	2,24	2,24	2,08	1,84	0,7	0,7	2,28
Угол трения, град.:								
среднее значение	3,8	3,8	3,3	3,5	3,4	3,0	3,0	3,75
наименьшее	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0
наибольшее	6,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	3,0	5,0
стандартное отклонение <i>SD</i>	0,55	0,55	0,46	0,5	0,48	0,0	0,0	0,15
Удельный вес, кН/м³:								
среднее значение	17,8	18,03	17,08	17,16	17,32	17,95	17,95	18,62
наименьшее	16,1	16,4	16,1	16,1	16,1	17,1	17,1	17,1
наибольшее	19,2	19,2	17,9	18,7	18,8	18,8	18,8	19,2
стандартное отклонение <i>SD</i>	0,28	0,23	0,16	0,31	0,30	0,17	0,17	0,11
Коэффициент устойчивости								
среднее значение	1,207	1,132	1,168	1,132	1,069	0,813	1,026	1,150
наименьшее	0,804	0,774	0,763	0,730	0,726	0,708	0,885	0,779
наибольшее	1,669	1,529	1,543	1,490	1,384	0,916	1,179	1,494
стандартное отклонение <i>SD</i>	0,115	0,101	0,105	0,097	0,088	0,031	0,039	0,096

4 вариант.

Использованы данные по 8-ми определениям из 17-ти: выбраны показатели, соответствующие варианту 3 (ИГЭ-6), и добавлены данные по ИГЭ-2. Статистический анализ показал допустимый разброс значений.

5 вариант.

Исходными данными для расчета служат прочностные показатели по ИГЭ-6, ИГЭ-2 (вариант 4), а также по ИГЭ-1 на глубинах 4,5 и 4,4–4,8 м (зона области скольжения).

6 вариант.

Приняты прочностные показатели, полученные испытаниям монолитов, отобранных непосредственно из области скольжения на глубинах 4,5 и 4,4–4,8 м (ИГЭ-1 – полутвердые глины). Согласно [16], такие значения в наибольшей степени соответствуют предельному состоянию.

7 вариант.

Физико-механические показатели соответствуют варианту 6, но расчетная схема принята без траншеи – для выявления влияния подрезки откоса под пожарный водовод на возникновение подвижек.

8 вариант.

Выбраны данные только по ИГЭ-1 (8 монолитов), т. к. образцы отбирались из скважин, расположенных именно на теле оползня.

Таким образом, на основе данных инженерно-геологических изысканий на объекте КС «Краснодарская», проведен комплексный анализ устойчивости восточного откоса на предмет исследования достоверности прочностных показателей. Расчетная часть включила в себя поиск и выбор оптимальной схемы для количественного определения устойчивости откоса как до возникновения оползня, так и после. Применялись следующие варианты расчетов с использованием:

- расчетных значений прочностных показателей, определенных методом среза по подготовленной, смоченной поверхности;
- расчетных значений прочностных показателей, полученных неконсолидированным срезом в водонасыщенном состоянии;
- различных сочетаний значений прочностных показателей.

Результаты исследований показали следующее:

1. При использовании расчетных значений угла внутреннего трения и сцепления (детерминированный расчет), коэффициент устойчивости либо меньше 1 (для характеристик, определенных срезом по подготовленной, смоченной поверхности), либо значительно больше 1 (для характеристик неконсолидированного среза при водонасыщении) (таблица 2.2):

2. Вероятностными расчетами, с использованием различных сочетаний прочностных показателей грунтов, показано, что предельное равновесие откоса соответствует характеристикам грунта двух монолитов, отобранных из зоны скольжения (таблица 2.3):

- при моделировании дооползневого состояния, расчетный коэффициент устойчивости $K_y=1,026$, что фактически соответствует предельному состоянию, в котором находился откос к моменту открытия траншеи;

- для расчетной схемы, моделирующей условия (повод) возникновения подвижек, $K_y=0,813$ (т. е. меньше 1), что говорит о недопустимости открытия траншеи в подножье откоса.

3. Значения прочностных показателей, полученные по двум монолитам, отобранным непосредственно из области скольжения, наиболее достоверно отражают состояние откоса.

В составе комплексного анализа устойчивости откосов и склонов ТПТС, нами выполнена также детерминированная и вероятностная оценка с использованием различных расчетных схем, в том числе, с учетом расположения буровых скважин на теле оползня [319, 372]. Расчеты выполнены по канадской программе *SLOPE/W* (лицензия № 94573), в которой реализованы десятки методов; для оценки устойчивости нами выбран метод общего предельного равновесия *GLE* [355]. Рассмотрим оползнеопасный участок 29 трассы газопровода «Россия – Турция».

Оползнеопасный участок 29 [122] (рисунок 2.17) расположен на эрозивно-денудационном склоне водораздела в верховьях водотока и представляет собой старый, временно стабилизированный оползень. Бровка стенки отрыва его располагается в зоне сосредоточенной разгрузки подземных вод, дающих начало постоянному водотоку. В пределах стенки срыва старого оползня зафиксированы три небольших оползневых очага в виде оплывин, а наибольшая активизация отмечена в нижней области исследуемого участка, приуроченной к тальвегу зарождающегося водотока. Ширина оползня 25 м, длина 55 м. Оползень примыкает к трассе газопровода, поэтому вопрос инженерной защиты напрямую связан с достоверностью оценки устойчивости участка.

В ходе инженерно-геологических изысканий [122] выявлены следующие факторы, способствующие активизации оползневого процесса:

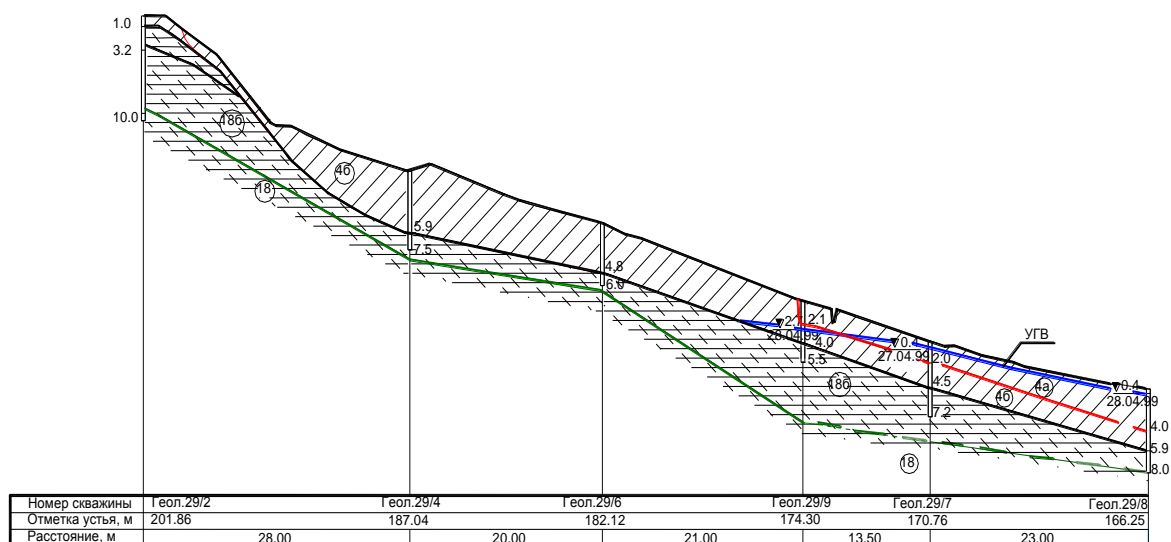


Рисунок 2.17 – Продольный инженерно-геологический разрез оползнеопасного участка 29 трассы газопровода «Россия – Турция», в соответствии с [122]

- в верхней части склона – его крутизна и наличие быстро выветриваемых коренных пород, представленных аргиллитоподобными глинами, формирующими при выветривании оплывины;
- в нижней части склона – активное влияние подземных и поверхностных вод, обводняющих оползневые грунты и постоянно смазывающих поверхность скольжения.

В геологическом строении принимает участие СГК нижнемеловых отложений готеривского яруса шишанской свиты ($K_1h_2SS_1$), представленный аргиллитами и алевролитами с прослоями песчаников. Голоценовые элювиально-делювиальные отложения (edQ_{IV}) представлены суглинками с включениями дресвы и щебня, мощностью около 2-х м. Голоценовые оползневые накопления (dpQ_{IV}) представлены суглинками желто-бурыми и голубовато-серыми, твердыми и полутвердыми, водонасыщенными, с дресвой и щебнем песчаника и аргиллита, мощностью 2–6 м. Монолиты отбирались из буровых скважин, расположенных с интервалом около 20 м вдоль оси всего оползневого участка. На основании полевых и лабораторных исследований выделены следующие ИГЭ [122]:

- ИГЭ-4а (dpQ_{IV}^c); ИГЭ-4б (dpQ_{IV}); ИГЭ-4 (edQ_{IV}), представленные суглинками;
- ИГЭ-18а; ИГЭ-18б; ИГЭ-18, представленные аргиллитами.

В соответствии с ГОСТ 20522 [55], методом статистической обработки результатов сдвиговых испытаний определены частные, нормативные и расчетные (при $\alpha=0,95$) значения сцепления и угла внутреннего трения.

Выполнены три варианта расчетов:

I-й – детерминированный;

II-й – вероятностный;

III-й – вероятностный, с учетом последовательного изменения показателей сцепления c и угла внутреннего трения φ по длине участка.

I-й вариант.

Детерминированный расчет устойчивости оползнеопасного участка 29 проведен с использованием расчетных [55] значений прочностных показателей грунтов (таблица 2.4, рисунок 2.18). Полученный коэффициент устойчивости сильно занижен, т. е. значительно меньше единицы: $K_y=0,67$, что не соответствует фактическому состоянию склона.

II-й вариант.

Выполнен вероятностный расчет устойчивости участка склона. Для количественного учета изменчивости физико-механических показателей оползневых грунтов выполнена статистическая обработка данных изысканий: определен диапазон всех имеющихся значений c и φ , выделены средние значения и вычислены стандартные девиации (отклонения) SD .

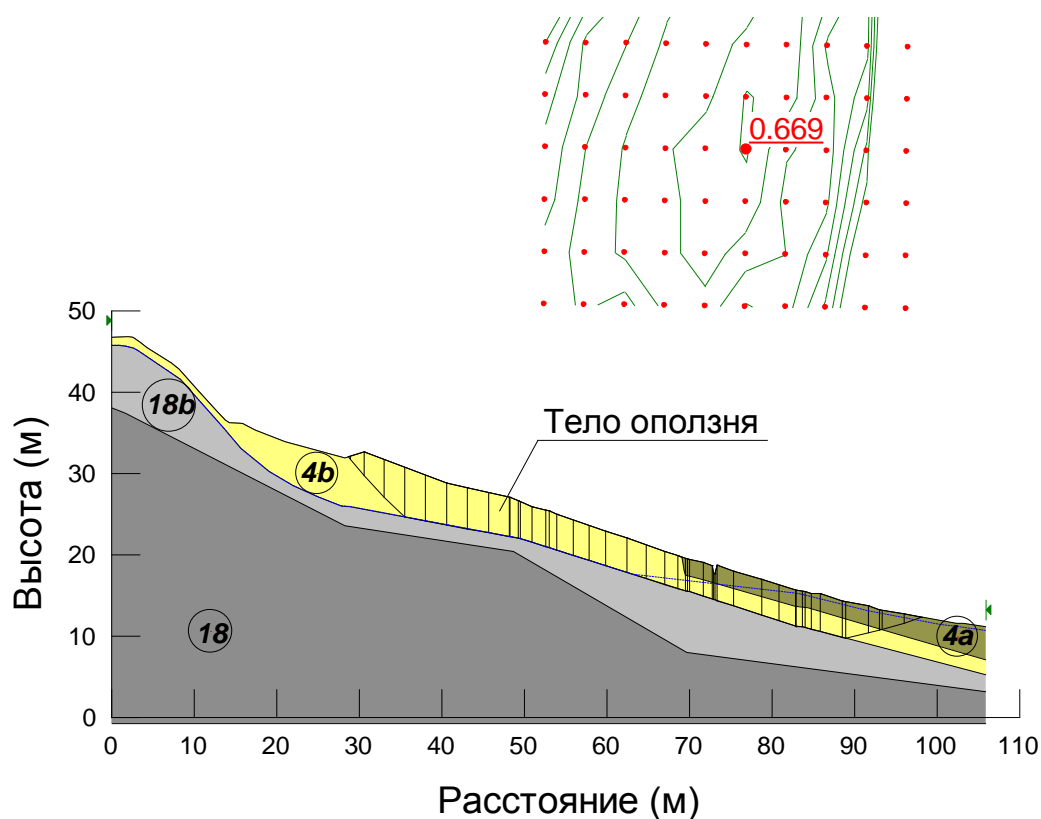
В программе *SLOPE/W* приняты следующие допущения [355]:

- Распределение физико-механических показателей в грунте подчиняется нормальному закону и описывается симметричной кривой Гаусса.
- Изменения показателей грунтов находятся в пределах пяти стандартных отклонений (девиаций). Например, если среднее значение сцепления $c = 30$ кПа, а стандартная девиация $SD = 5$ кПа, то 68,26% образцов будут иметь величины между 25 и 35 кПа; 95,44% образцов – между 20 и 40 кПа и т. д. Аналогично тому, что площадь под кривой нормального распределения между выборочным средним и любой точкой зависит только от числа стандартов σ , отложенных в обе стороны от среднего – т. е. вероятность появления значения x в пределах от -1σ до $+1\sigma$, равна 68,26%; в пределах от -2σ до $+2\sigma$ – 95,44%; в диапазоне между $\pm 3\sigma$ – 99,72%; между $\pm 4\sigma$ – 99,99% и в интервале от -5σ до $+5\sigma$ – приближается к 100%.

В таблице 2.5 представлены исходные данные, а на рисунках 2.19 и 2.20 – результаты вероятностного расчета устойчивости по II-му варианту.

Таблица 2.4 – Расчетные значения физико-механических показателей грунтов участка 29 трассы газопровода «Россия – Турция»

Грунт	Удельный вес γ , кН/м ³	Сцепление c , кПа	Угол внутреннего трения φ , град
4a – суглинок	19,8	8	2
4b – суглинок	19,5	7	6
18b, 18 – аргиллиты	Модель грунта: bedrock (скальный грунт)		

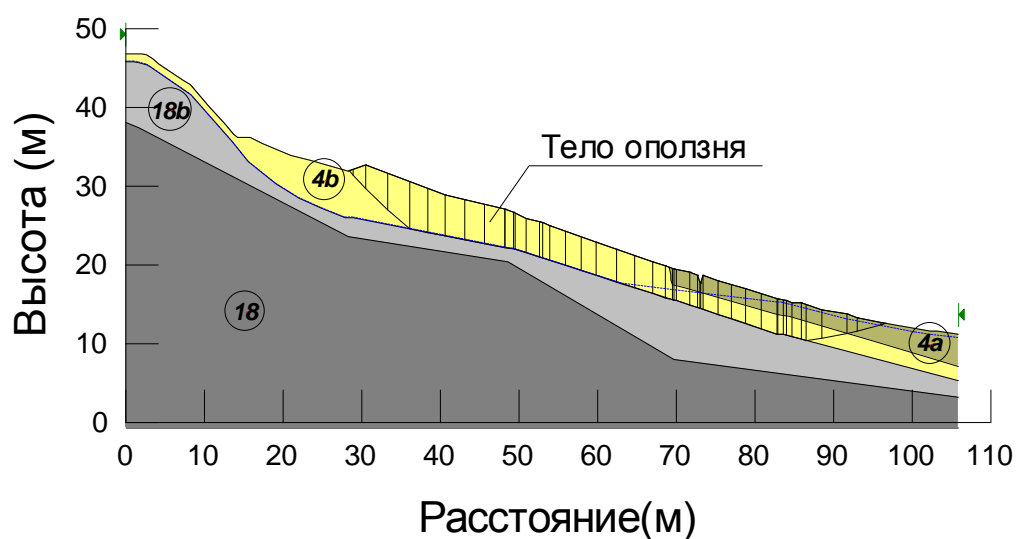
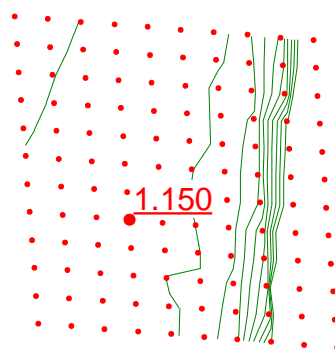


Относительная отметка 0.00 соответствует абсолютной отметке 155.00 м

Рисунок 2.18 – Продольный разрез оползнеопасного участка 29 трассы газопровода «Россия – Турция» с результатами детерминированного расчета устойчивости

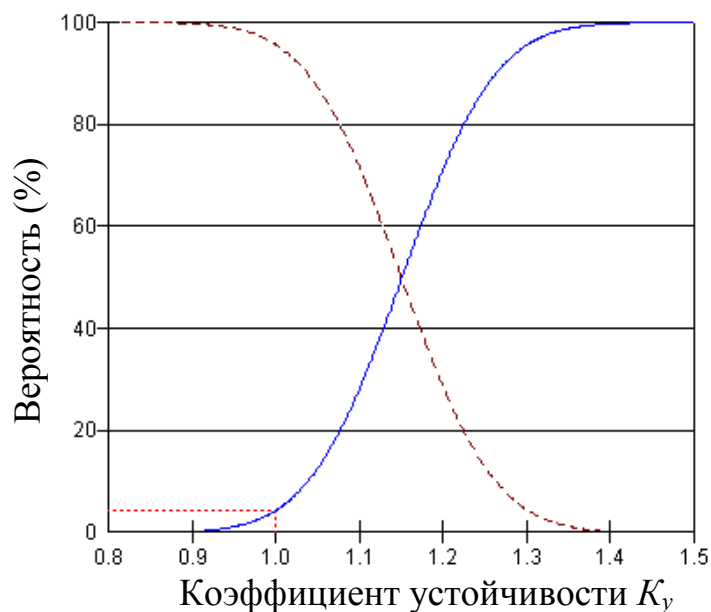
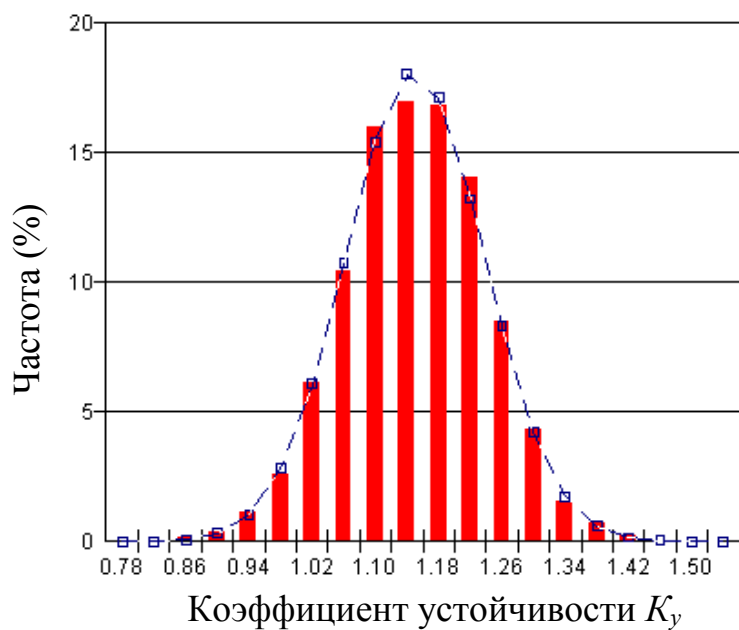
Таблица 2.5 – Данные для вероятностного расчета устойчивости оползнеопасного участка 29 трассы газопровода «Россия – Турция»

Грунт	Удельный вес γ , кН/м ³	Сцепление c , кПа	Угол внутреннего трения φ , град
4a – суглинок	20,15 (SD=0,09)	13 (SD=1,00)	3,85 (SD=0,37)
4b – суглинок	19,60 (SD=0,22)	13 (SD=1,60)	9,55 (SD=0,89)
18b, 18 – аргиллиты	Модель грунта: bedrock (скальный грунт)		



Относительная отметка 0.00 соответствует абсолютной отметке 155.00 м

Рисунок 2.19 – Продольный разрез оползнеопасного участка 29 трассы газопровода «Россия – Турция» с результатами вероятностного расчета устойчивости



Количественные параметры

Средняя величина K_y	1,150	Наименьшая величина K_y	0,844
Индекс надежности	1,707	Наибольшая величина K_y	1,431
Вероятность подвижек (%)	4,384	Количество сочетаний	5000
Стандартное отклонение K_y			0,088

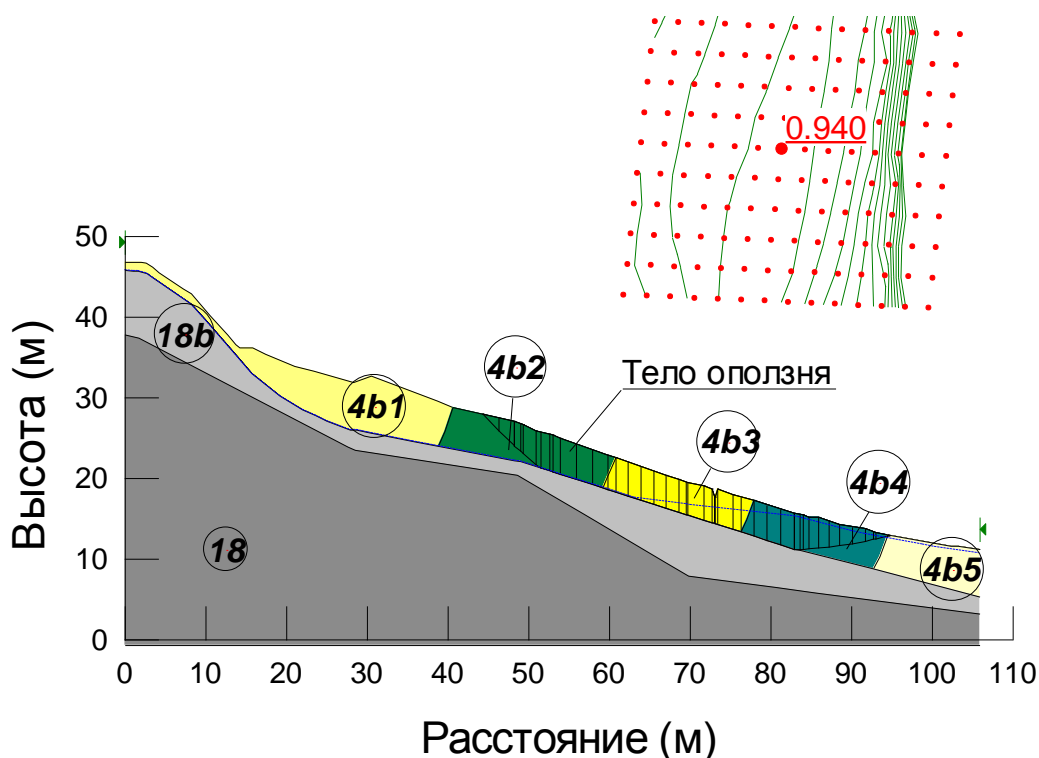
Рисунок 2.20 – Дифференциальная и интегральная функции распределения величин коэффициента устойчивости K_y и количественные параметры по результатам вероятностного расчета

Результаты расчетов по второй схеме показали, что среднее значение коэффициента устойчивости $K_y=1,15$, вероятность оползневого смещения P составляет чуть более 4%.

III-й вариант.

Расчетная схема, как и предыдущая, основана на вероятностном анализе, только более детальном, в наибольшей степени использующем материалы инженерно-геологических изысканий. Для выполнения расчета, оползнеопасный массив условно разбит на пять расчетных участков, длиной 13–28 м (по количеству в нем буровых скважин – рисунок 2.17) так, чтобы в середине каждого участка оказалась одна скважина. Значения физико-механических показателей, полученные сдвиговыми испытаниями образцов, отобранных из каждой скважины, распространялись на соответствующий расчетный участок вокруг скважины (рисунок 2.21). Такая особенность расчета помогла учесть пространственное изменение свойств грунтов: в плане (от головы до языка оползнеопасного массива) и по вертикали (ограничение определялось только глубиной пробуренной скважины), т. к. даже в одном ИГЭ по отдельно взятым скважинам значения показателей различны. В пределах каждого из пяти участков (рисунок 2.21) вычислены средние значения физико-механических показателей и их стандартные отклонения SD (таблица 2.6). Результаты представлены на рисунках 2.21 и 2.22.

Полученные при детальном вероятностном расчете средний коэффициент устойчивости $K_y=0,94$ (близкий к единице и изменяющийся от 0,69 до 1,14) и высокая вероятность оползня $P=81,63\%$ подтверждают обоснованность данной расчетной схемы, отвечающей фактическому состоянию склона. В период проведения изысканий оползень временно стабилизировался, однако состояние склона близко к предельному, и, из-за воздействия водотока, вероятность подвижек велика.

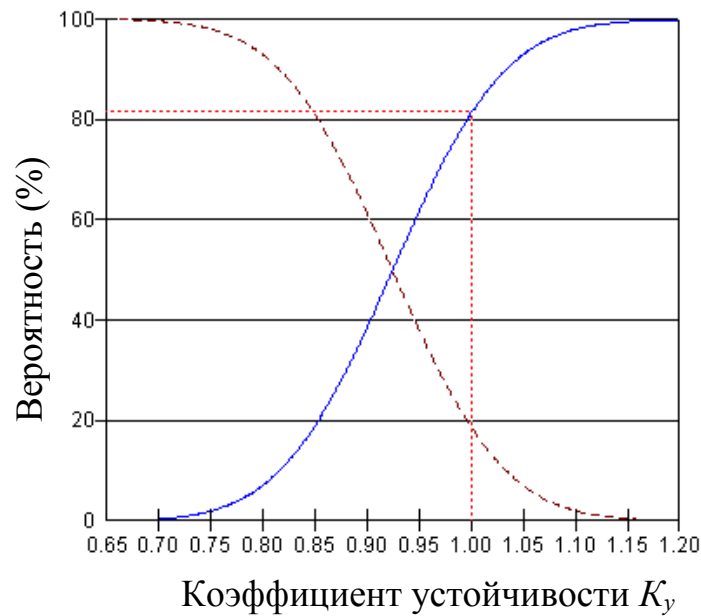
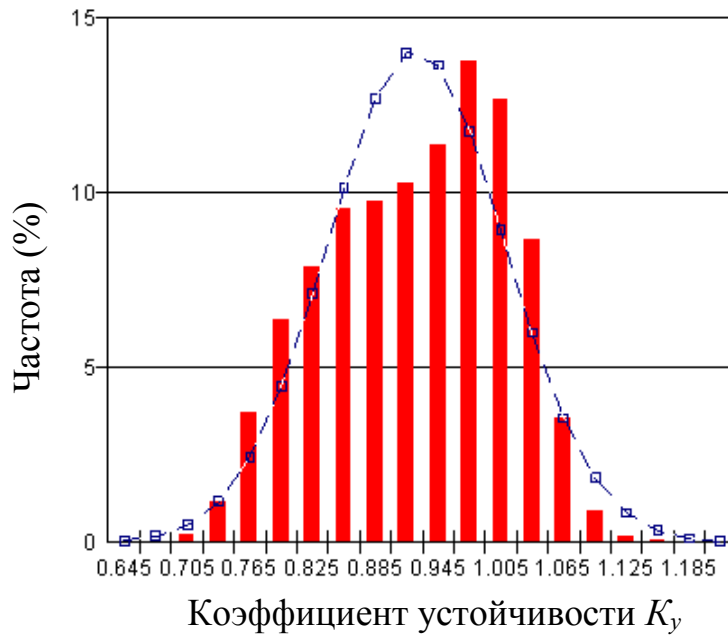


Относительная отметка 0.00 соответствует абсолютной отметке 155.00 м

**Рисунок 2.21 – Участок 29 (объект газопровода «Россия – Турция»):
разрез вдоль оползня с разбивкой на расчетные области и
результатами расчета устойчивости вероятностным методом**

**Таблица 2.6 – Данные для детального вероятностного расчета
устойчивости оползнеопасного массива 29 трассы газопровода
«Россия – Турция»**

Грунт	Удельный вес γ , кН/м ³	Сцепление c , кПа	Угол внутреннего трения φ , град
4b1 –суглинок	19,80 (SD=0,10)	16,75 (SD=1,65)	8,30 (SD=0,60)
4b2 –суглинок	19,75 (SD=0,11)	7,50 (SD=0,50)	10,50 (SD=0,70)
4b3 – суглинок	20,30 (SD=0,06)	17,00 (SD=0,40)	4,90 (SD=0,30)
4b4 – суглинок	19,50 (SD=0,14)	6,40 (SD=1,28)	7,68 (SD=1,00)
4b5 – суглинок	20,03 (SD=0,07)	14,30 (SD=2,50)	6,93 (SD=1,00)
18b, 18 – аргиллиты	Модель грунта: bedrock (скальный грунт)		



Количественные параметры

Средняя величина K_y	0,940	Наименьшая величина K_y	0,693
Индекс надежности	-0,900	Наибольшая величина K_y	1,141
Вероятность подвижек (%)	81,634	Количество сочетаний	20000
Стандартное отклонение K_y			0,085

Рисунок 2.22 – Дифференциальная и интегральная функции распределения величин коэффициента устойчивости K_y и количественные параметры по результатам вероятностного расчета

Таким образом, на основе выполненного комплексного анализа устойчивости оползнеопасных откосов и склонов:

- предложена новая расчетная схема, позволяющая в наибольшей мере учитывать данные инженерно-геологических изысканий;
- подтверждена целесообразность использования при оценке устойчивости в качестве расчетных значений прочностные показатели, полученные срезом образцов, отобранных из области поверхности скольжения;
- выявлена необходимость дальнейших исследований в области определения расчетных значений сцепления и угла внутреннего трения оползневого грунта из-за несоответствия расчетных коэффициентов устойчивости фактическому состоянию склонов и откосов.

2.3. Оценка значений прочностных показателей делювиально-оползневых глинистых отложений в момент смещения

В ходе работ по проектированию инженерной защиты транспортных сооружений на оползнеопасных территориях Черноморского побережья Кавказа (с 1999 г. по настоящее время), 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 под влиянием изменений обстановки [252].

В составе исследований выполнены:

- анализ отчетов по инженерно-геологическим изысканиям [122, 123, 207, 208, 282, 283, 286 и др.];
- визуальные обследования оползнеопасных склонов и откосов на участках проектирования и расположения линейных сооружений (трасс газопроводов, автомобильных и железных дорог, линий ВЛ);
- статистическая обработка данных лабораторных испытаний грунтов;
- детерминированные и вероятностные расчеты устойчивости откосов и склонов с использованием различных значений прочностных показателей делювиально-оползневых грунтов;
- обратные расчеты устойчивости участков активного развития оползневых процессов «с целью определения показателей сопротивления пород сдвигу» [252, 253];
- сопоставительный анализ результатов расчетов устойчивости;
- сопоставительный анализ используемых данных о прочностных показателях грунтов.

Исследовались свойства делювиально-оползневых отложений (dpQ_{IV}), представленных (как описано выше, в гл. 2.1) глинами и суглинками твердыми и полутвердыми с включениями щебня и дресвы аргиллитов и песчаников до 15%. В связи с тем, что по механизму смещения оползни, в основном, классифицируются как скольжения (консеквентные), течения (пластические, оплывины) и сложные (при наличии в области контакта пород градиентного водонасыщенного слоя глинистого грунта нарушенной структуры), рассматривались две схемы испытаний, согласно региональным рекомендациям [252, 253]:

- срез ускоренный по искусственно подготовленной, смоченной поверхности («плашка по плашке»);

- срез образцов грунта в сдвиговых приборах после водонасыщения (до предполагаемой или наблюдаемой влажности).

При выполнении исследований данные о механических свойствах грунтов с различных участков, как правило, объединялись, ввиду сквозного обозначения изыскательскими организациями инженерно-геологических элементов (сходные происхождение, состав возраст, аналогичные условия). Это позволило получить значительную по объему выборку для статистической обработки.

Отметим, что вопрос о достаточном количестве опытных величин в настоящее время остается открытым [20]. Влияние количества опытов на формулируемые выводы иллюстрирует пример. Проанализируем гистограммы распределения величин сцепления делювиально-оползневых глинистых грунтов и статистические данные на оползнеопасных участках 29, 30, 26, 28, выделенных по трассе газопровода «Россия – Турция». На рисунках 2.23, 2.24 и в таблице 2.7 представлены результаты обработки данных по двум участкам (оползнеопасные участки 29, 30), а на рисунках 2.25, 2.26 и в таблице 2.8 – по четырем. С увеличением количества образцов уменьшились такие показатели, как: среднеквадратичное отклонение (стандарт), асимметрия и эксцесс.

Анализ кривых распределения значений φ и c исследованных грунтов показал стремление к нормальной форме (*Гаусса*), независимо от схемы испытаний. Однако кривые, соответствующие срезу «плашка по плашке», более островершинные, по сравнению с кривыми, полученными по данным неконсолидированного среза водонасыщенных образцов (рисунки 2.27, 2.28, таблицы 2.9, 2.10). Это связано с различной величиной стандарта σ_x : с его увеличением кривая «растягивается» вдоль оси x .

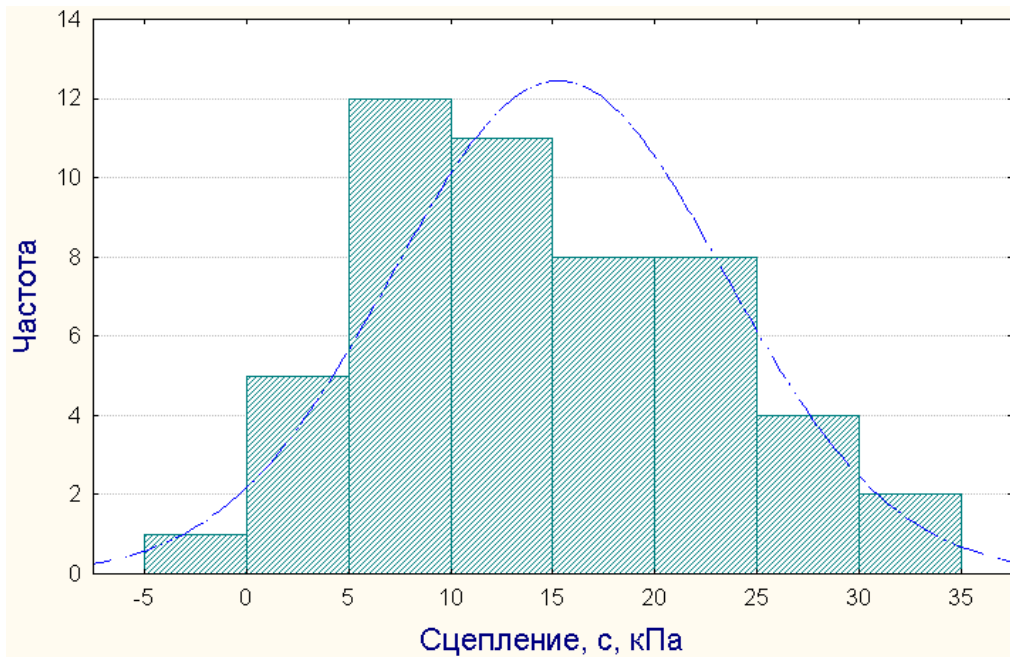


Рисунок 2.23 – Гистограмма распределения величин сцепления делювиально-оползневых грунтов (трасса газопровода «Россия – Турция», участки 29, 30, срез «плашка по плашке»)

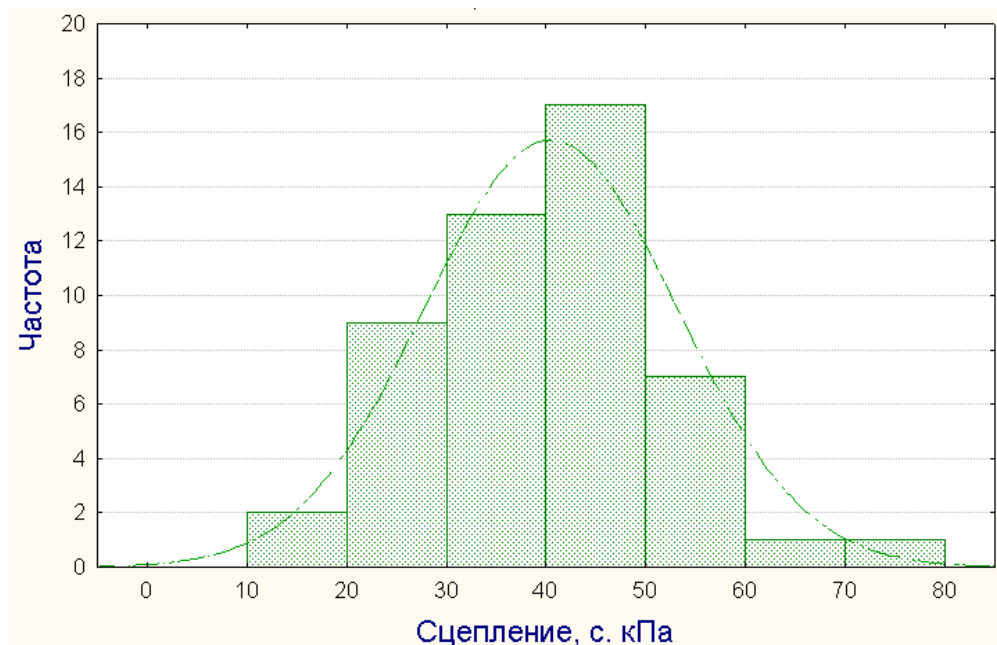


Рисунок 2.24 – Гистограмма распределения величин сцепления делювиально-оползневых грунтов участков 29, 30 трассы газопровода «Россия – Турция» (срез неконсолидированный при водонасыщении)

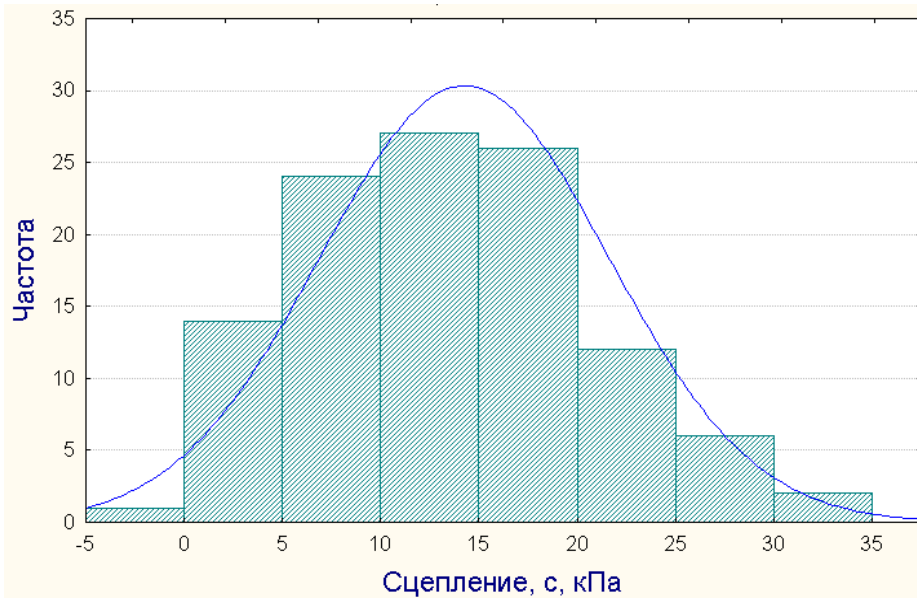


Рисунок 2.25 – Гистограмма распределения величин сцепления делювиально-оползневых грунтов (трасса газопровода «Россия – Турция», участки 26, 28, 29, 30, срез «плашка по плашке»)

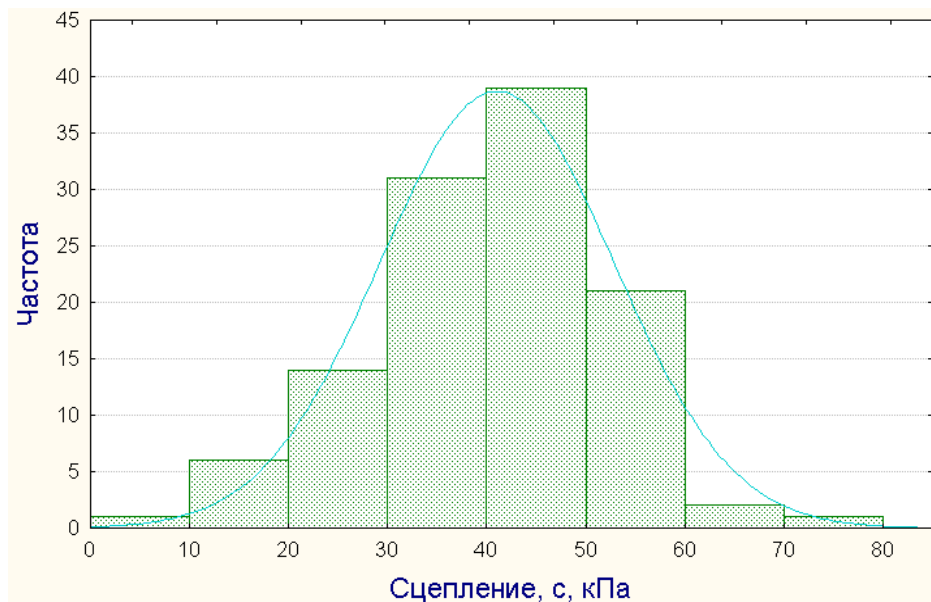


Рисунок 2.26 – Гистограмма распределения величин сцепления делювиально-оползневых грунтов участков 26, 28, 29, 30 трассы газопровода «Россия – Турция» (срез неконсолидированный)

Таблица 2.7 – Результаты статистической обработки данных
о сцеплении делювиально-оползневых грунтов участков 29, 30
трассы газопровода «Россия – Турция»

Статистические параметры	Сцепление c , кПа: срез «плашка по плашке»	Сцепление c , кПа: срез неконсолидированный при водонасыщении
Количество данных	50	50
Среднеарифметическое	15,27	40,46
Наименьшее	0,00	15,00
Наибольшее	35,00	79,00
Стандарт σ_x	8,17	12,70
Асимметрия A	0,39	0,41
Среднеквадратическая ошибка по асимметрии Sa	0,34	0,34
Эксцесс E	-0,34	0,78
Среднеквадратическая ошибка по эксцессу Se	0,65	0,67

Таблица 2.8 – Результаты статистической обработки данных
о сцеплении делювиально-оползневых грунтов участков 26, 28, 29, 30
трассы газопровода «Россия – Турция»

Статистические параметры	Сцепление c , кПа: срез «плашка по плашке»	Сцепление c , кПа: срез неконсолидированный при водонасыщении
Количество значений	105	111
Среднеарифметическое	14,27	41,03
Наименьшее	0,00	7,00
Наибольшее	35,00	79,00
Стандарт σ_x	7,37	11,85
Асимметрия A	0,34	-0,17
Среднеквадратическая ошибка по асимметрии Sa	0,23	0,23
Эксцесс E	-0,23	0,49
Среднеквадратическая ошибка по эксцессу Se	0,45	0,45

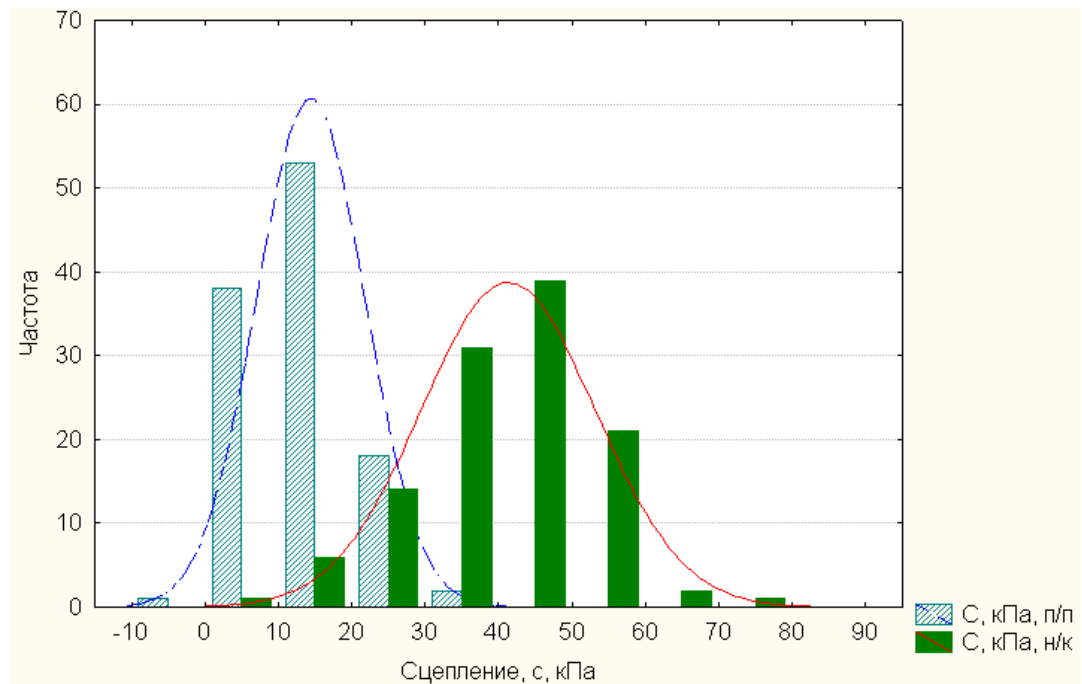


Рисунок 2.27 – Гистограммы распределения величин сцепления делювиально-оползневых грунтов участков 26, 28, 29, 30 трассы газопровода «Россия – Турция» (п/п – «плашка по плашке»; н/к – неконсолидированный срез при водонасыщении)

Таблица 2.9 – Результаты статистической обработки показателей сцепления делювиально-оползневых грунтов оползнеопасных участков 26, 28, 29, 30 трассы газопровода «Россия – Турция»

Статистические параметры	Сцепление c , кПа: срез «плашка по плашке»	Сцепление c , кПа: срез неконсолидированный при водонасыщении
Количество значений	105	111
Среднеарифметическое	14,27	41,03
Наименьшее	0,00	7,00
Наибольшее	35,00	79,00
Стандарт σ_x	7,37	11,85
Асимметрия A	0,34	-0,17
Среднеквадратическая ошибка по асимметрии Sa	0,23	0,23
Экссесс E	-0,23	0,49
Среднеквадратическая ошибка по эксцессу Se	0,45	0,45

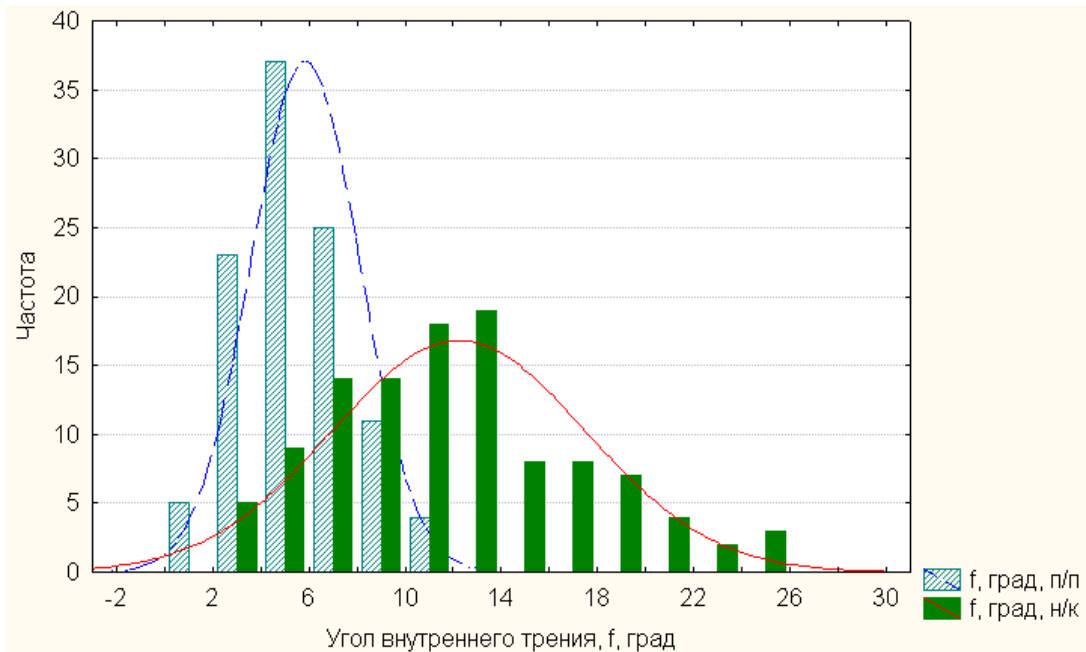


Рисунок 2.28 – Гистограммы распределения значений угла внутреннего трения делювиально-оползневых грунтов участков 26, 28, 29, 30 трассы газопровода «Россия – Турция» (п/п – «плашка по плашке»; н/к – неконсолидированный срез при водонасыщении)

Таблица 2.10 – Результаты статистической обработки показателей угла внутреннего трения делювиально-оползневых грунтов участков 26, 28, 29, 30 трассы газопровода «Россия – Турция»

Статистические параметры	Угол внутреннего трения, φ , град.: срез «плашка по плашке»	Угол трения, φ , град.: срез водонасыщенный неконсолидированный
Количество значений N	105	111
Среднеарифметическое	5,80	12,15
Наименьшее	1,40	2,90
Наибольшее	11,30	25,60
Стандарт σ_x	2,26	5,27
Асимметрия A	0,39	0,45
Среднеквадратическая ошибка по асимметрии Sa	0,24	0,23
Экссесс E	-0,13	-0,29
Среднеквадратическая ошибка по эксцессу Se	0,47	0,45

Выявлено (рисунок 2.28, таблица 2.10), что стандарт σ_x значений угла внутреннего трения, определенных срезом неконсолидированным при водонасыщении (n/k), в среднем, в 2 раза (пределы 1,9–2,3) превышает стандарт значений, полученных срезом «плашка по плашке» (n/n) [20]:

$$\frac{\sigma_x n/k}{\sigma_x n/n} \approx 2. \quad 2.1$$

Аналогичное соотношение стандартов значений сцепления грунтов (рисунок 2.27, таблица 2.9) составляет, в среднем 1,5 (пределы 1,3–1,6):

$$\frac{\sigma_x n/k}{\sigma_x n/n} \approx 1,5. \quad 2.2$$

Также, в зависимости от схемы испытаний, отличаются средние выборочные значения φ и c (рисунки 2.27, 2.28, таблицы 2.9, 2.10):

- для угла внутреннего трения среднеарифметическая величина, определенная на основе среза «плашка по плашке», на 49–53% меньше полученной срезом неконсолидированным при водонасыщении образцов;
- для сцепления среднеарифметическая величина, определенная на основе среза «плашка по плашке», на 63–65% меньше полученной срезом неконсолидированным при водонасыщении.

Анализ эмпирического распределения кривой информирует об однородности или неоднородности слоя [292]. Например, наличие двух или более вершин, значительно отрицательный эксцесс являются показателями неоднородности ИГЭ.

Нами выявлено, что в ряде случаев значительно отрицательный эксцесс характерен для малой выборки (10–20 значений), особенно это свойственно углу внутреннего трения. Примером может явиться оползнеопасный участок по трассе нефтепровода «Тихорецк – Туапсе»: $E = -1 \div -2$ [20, 165].

Увеличение (по модулю) параметров асимметрии или эксцесса отмечается и при большем объеме выборки (30–50 значений) в том случае, если делювиально-оползневой грунт не достаточно однородный, имеет включения щебня коренных пород. Чаще всего это также характерно для показателей угла внутреннего трения [20].

При объеме выборочной совокупности более 100, асимметрия может возрасти вследствие присутствия отдельных (до 5%) «завышенных» показателей, заметно отличающихся от других. При их исключении асимметрия приближается к нулю.

Анализ фондовых материалов и проведенные статистические исследования показывают, что в выборке, представляющей показатели свойств делювиально-оползневого грунта, почти всегда присутствуют 1÷3 завышенных (реже – заниженных) частных значения, по сравнению с остальными. При комплексном анализе значительного количества данных (порядка 100 и более), таких «несвойственных слою» значений может быть 3–7 (т. е. 4–5%). После статистической проверки выборочной совокупности они, согласно ГОСТ 20522 [55], исключаются, а обработка проводится заново. К причинам можно отнести неоднородность структуры монолитов, различное количество включений, ошибки при испытаниях и транспортировке образцов и т. п.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что в области подготовленной поверхности скольжения свойства грунтов отличаются от остального массива, при этом показатели изменяются в меньшем интервале. Утверждение согласуется с рекомендациями [16] об отборе монолитов именно из зоны поверхности скольжения и подтверждается результатами выполненных расчетов устойчивости (глава 2.2).

На основе полученных количественных данных о нормативных (среднеарифметических) значениях φ и c , диапазоне их изменения соот-

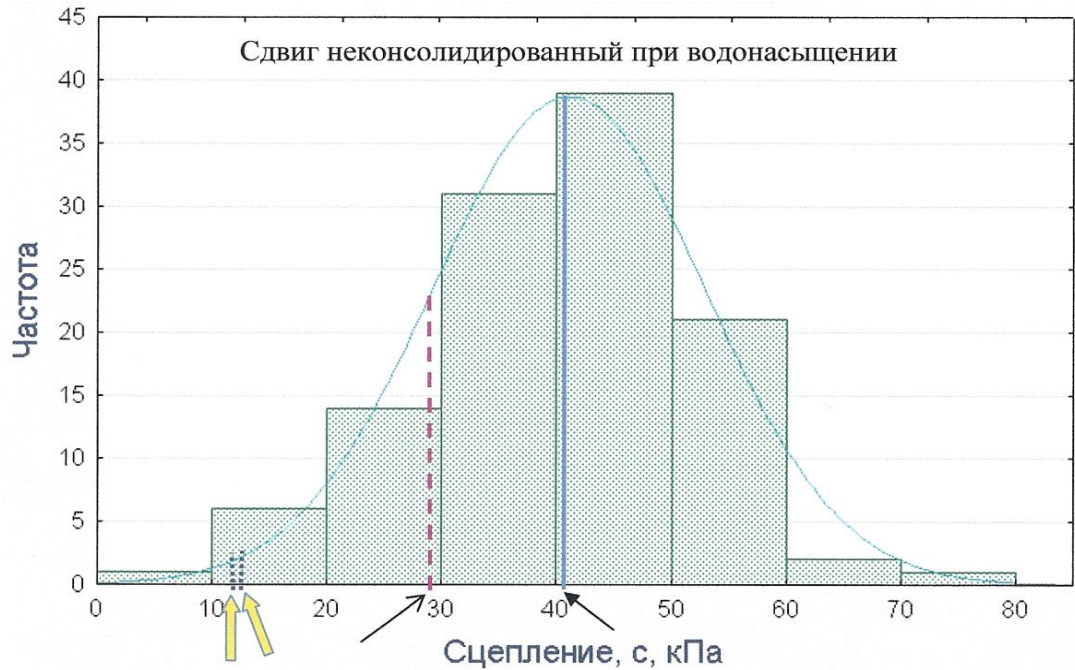
ветственно двум схемам испытаний, вычислены, согласно [55], расчетные значения. Далее выполнен сопоставительный анализ нормативных и расчетных значений с результатами обратных расчетов устойчивости, позволивший количественно оценить отличия.

Установлено, что соотношение между величинами сцепления, определенными обратным расчетом, и нормативными значениями, соответствующими неконсолидированному срезу при водонасыщении монолита, составляет, в среднем, 0,24 (интервал от 0,19 до 0,32), а для угла внутреннего трения – в среднем, 0,34 (0,24–0,53). Аналогично, получено соотношение между величинами сцепления, определенными обратным расчетом, и нормативными значениями, соответствующими срезу «плашка по плашке»: в среднем, 0,68 (интервал от 0,57 до 0,83), а для угла внутреннего трения – в среднем, 0,79 (0,64–0,86). Пример представлен на рисунке 2.29. Установленные закономерности явились основой предлагаемой нами методики выполнения детерминированного расчета устойчивости оползнеопасных участков (рисунок 2.30).

Для разработки методики вероятностного расчета устойчивости проанализирован диапазон, в котором изменяются нормативные значения сцепления и угла внутреннего трения исследуемых делювиально-оползневых грунтов. Установлено [20]:

- 1) при срезе неконсолидированном после водонасыщения:
 - нормативные значения сцепления составляют 34,00–48,38 кПа; нормативные значения угла внутреннего трения – 9,68–22,11°;
 - стандартное отклонение SD нормативных значений сцепления: 4,52–6,80; стандартное отклонение SD нормативных значений угла внутреннего трения: 1,34–2,45;
 - соотношение между нормативным значением сцепления и стандартным отклонением (c_H/SD): 5,98–8,62, в среднем, $c_H/SD = 6,94$;

соотношение между нормативным значением угла внутреннего трения и стандартным отклонением (φ_n/SD): 6,41–11,36, 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			
	$c_{обр.} / c_n = 0,30$	$c_{обр.} / c_n = 0,32$	

Рисунок 2.29 – Сопоставление результатов обратного расчета и лабораторных испытаний делювиально-оползневых грунтов (на примере трассы газопровода «Россия – Турция», участки 30Б, 30Г)

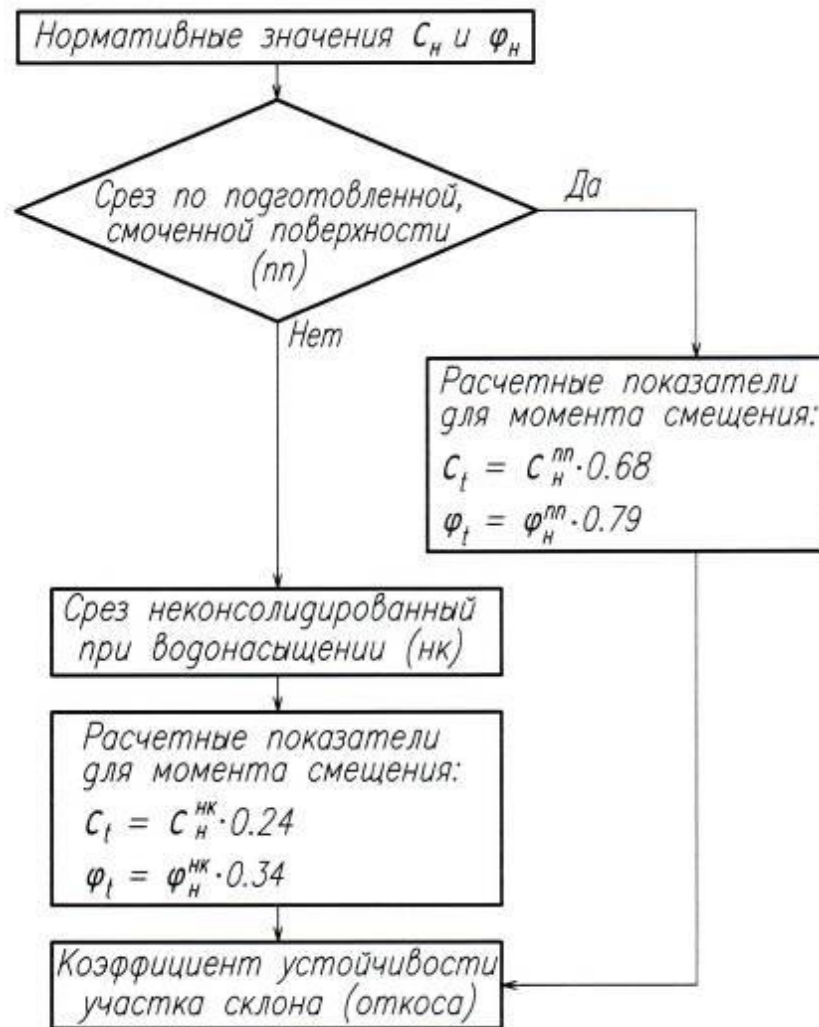


Рисунок 2.30 – Блок-схема предлагаемой методики детерминированного расчета устойчивости оползнеопасных участков

2) при срезе по подготовленной и смоченной поверхности:

- нормативные значения сцепления составляют 12,96–23,47 кПа; нормативные значения угла внутреннего трения – 5,15–13,00°;
- стандартное отклонение SD нормативных значений сцепления: 2,07–3,65 (в единичном случае 4,68); стандартное отклонение SD нормативных значений угла внутреннего трения: 0,75–1,95;

- соотношение между нормативным значением сцепления и стандартным отклонением (c_n/SD): 5,00–7,19, в среднем, $c_n/SD = 5,62$; соотношение между нормативным значением угла внутреннего трения и стандартным отклонением (φ_n/SD): 6,25–10,64, в среднем, $\varphi_n/SD = 7,14$.

Вычисленное методом линейной интерполяции соотношение между стандартным отклонением и сцеплением c_t , а также стандартным отклонением и углом внутреннего трения φ_t (c_t и φ_t определяются по предлагаемой методике, рисунок 2.30), в среднем, соответствует соотношению между SD и нормативными значениями c_n и φ_n , полученными испытаниями образцов по подготовленной и смоченной поверхности [168], т. е.:

$$c_t/SD \approx c_n^{nn}/SD; \quad (2.3)$$

$$\varphi_t/SD \approx \varphi_n^{nn}/SD. \quad (2.4)$$

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

$$SD_{c_t} = c_t / 5,62; \quad (2.5)$$

$$SD_{\varphi_t} = \varphi_t / 7,14. \quad (2.6)$$

Соответствующая методика приведена на блок-схеме (рисунок 2.31).

Разработанные методики (рисунки 2.30, 2.31) целесообразно использовать для уточнения расчетных значений угла внутреннего трения и сцепления и делювиально-оползневых грунтов на участках активного развития смещений (наряду с обратными расчетами), а также в предварительных расчетах устойчивости в процессе оценки риска для вычисления вероятности оползневого смещения при минимуме исходных данных. Результаты исследований отражены в составе двух отраслевых дорожных методических документов (ОДМ):

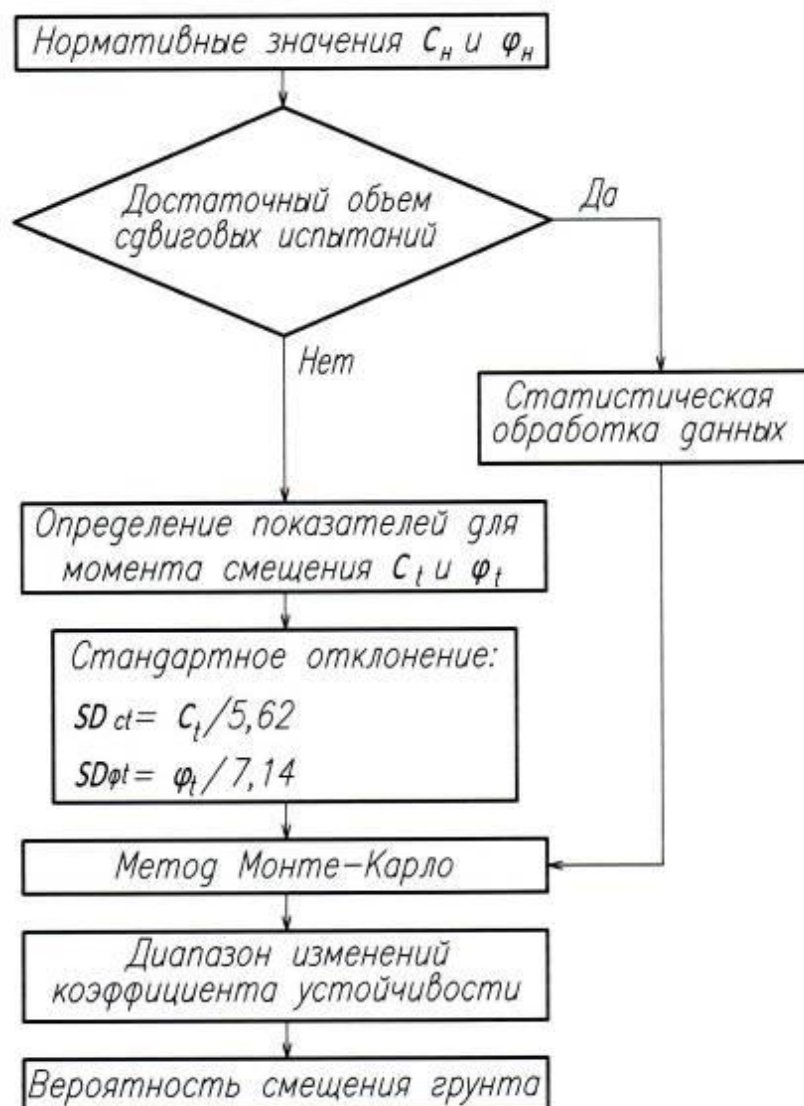


Рисунок 2.31 – Блок-схема предлагаемой методики вероятностного расчета устойчивости оползнеопасных участков

- ОДМ 218.2.006-2010. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог [204];
- ОДМ 218.2.033-2013. Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог [206].

Выводы по главе 2

1. Оценку устойчивости откосов и склонов с целью последующего вычисления величины оползневого давления необходимо осуществлять с использованием всех имеющихся величин прочностных показателей грунтов, не ограничиваясь «расчетным значением».

2. Ввиду того, что делювиально-оползневые отложения имеют, как правило, неравномерное по физико-механическим свойствам распределение по разрезу, – при выполнении расчетов устойчивости продольный профиль оползневого массива целесообразно разбивать на расчетные участки, прилегающие к буровым скважинам. Для каждого участка в пределах выделенных ИГЭ рекомендуется задавать значения физико-механических показателей по результатам испытаний монолитов, отобранных из соответствующей скважины. Оптимальное расстояние между скважинами в створе – порядка 20–30 м, что уточняет требования региональных рекомендаций [252] об одной-двух выработках на каждом крупном (более 30 м) элементе оползневого рельефа (оползневых ступенях, понижениях, межоползневых гребнях и т. п.).

3. На участках возможного возникновения вторичного оползневого смещения по механизму течения, распределение показателей угла внутреннего трения и сцепления делювиально-оползневых грунтов соответствует, как правило, нормальному закону. В зависимости от схемы испытания, различаются формы кривых: при неконсолидированном срезе она более распластана относительно оси x , а при срезе «плашка по плашке» – островершинная. Также, в зависимости от схемы среза, отличаются среднеарифметические значения: для угла внутреннего трения на 49–53%, для сцепления – на 63–65%, в среднем.

4. При выполнении детерминированных и вероятностных расчетов устойчивости участков возможного вторичного оползневого смещения, целесообразно вычислять (уточнять) значения сцепления и угла внутреннего трения делювиально-оползневых грунтов, а также их стандартные отклонения, по предлагаемым методикам, учитывающим соотношения между нормативными значениями и величинами, полученными обратным расчетом, а также результаты статистической обработки данных.

5. Требование ГОСТ 20522 о выполнении 6-ти испытаний для определения показателей грунта вполне применимо к образцам, отобранным из области поверхности скольжения. В то же время, для монолитов, отобранных из других участков тела оползня, такого количества недостаточно.

6. Наиболее достоверные результаты оценки прочностных показателей грунтов возможны при количестве испытаний не менее 30, что согласуется с выводами *Н. Н. Маслова* о рациональности 30÷60 экспериментов для определения прочностных и физических свойств [125].

3. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА ТРАНСПОРТНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Для оценок *опасности*, представляющей угрозу объектам промышленности и транспорта, и *экономического риска*, являющегося показателем ущерба в стоимостном выражении [254], используются статистические данные о повторяемости опасного события, степени разрушения и техническом состоянии объектов-аналогов [143]. Такие оценки позволяют обосновать вариант инженерной защиты, определить состав, объем, последовательность реализации и эффективность мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций [254].

Однако, несмотря на общее картирование территорий, оползнеобразующие факторы в условиях конкретных форм рельефа проявляются сугубо локально, а зоны проявления и степень активности во времени меняются [192]. Многолетние наблюдения за развитием оползневых процессов на Черноморском побережье Кавказа показывают [225], что даже на укрепленных участках продолжают смещения грунтов. Это обосновывает необходимость периодически оценивать вероятность разрушения ТПТС и экономический риск по протяженности линейных сооружений при их эксплуатации.

ТПТС включает в себя природные и техногенные объекты, в том числе, сооружения инженерной защиты. Оползневая опасность, а, следовательно, и экономический риск, зависят от вероятности оползневого события на природных объектах и уязвимости техногенных. Указанные параметры, в свою очередь, пропорциональны количеству дефектов (повреждений) и значимости объектов. В общем виде структурная схема ТПТС на оползнеопасных участках показана на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Структурная схема ТПТС на оползнеопасных участках

Значимость объектов, характеризуемая коэффициентом значимости, определяется их ролью в обеспечении устойчивости ТПТС к воздействиям природных и техногенных факторов. Уязвимость техногенных объектов и вероятность оползневого события на природных объектах зависят от состояния и веса (относительной роли) образующих их элементов. Состояние оценивается по внешним признакам при выполнении обследований. Весовые коэффициенты можно определить из анализа аварийных и ограниченно работоспособных состояний объектов по причине выхода из строя их элементов.

Для выявления в составе ТПТС, расположенных на оползнеопасных территориях, природных и техногенных компонентов (объектов и их элементов), нами проанализированы способы устройства и условия эксплуатации линейных сооружений на склонах. В соответствии с результатами обследований, используя экспертный и аналитический методы, разработан алгоритм расчета вероятности разрушения и экономического риска при эксплуатации ТПТС, позволяющий в кратчайшие сроки оценить ситуацию на различных участках для планирования мероприятий и затрат.

3.1. Классификация взаимосвязей компонентов транспортных природно-технических систем и воздействующих факторов

Взаимовлияние природных рельефообразующих и антропогенных факторов постоянно изменяет динамику развития территорий и особенно прослеживается на протяженных линейных сооружениях. Оползневые подвижки возникают как результат комплексного влияния факторов, при этом определенное сочетание воздействующих техногенно-природных факторов задает направленность деформаций компонентов ТПТС. При отсутствии предусмотренных и своевременно принятых мер возникают чрезвычайные ситуации, требующие более серьезных затрат на ремонтно-восстановительные работы.

Система мероприятий инженерной защиты, как отмечает *Г. С. Золотарев* [117], зависит, в том числе, от сочетания опасных геологических процессов. По мнению других исследователей [302], для осуществления комплексных мер необходимо учитывать взаимосвязи и взаимообусловленность процессов, направленность в их развитии.

Учитывая вышесказанное, для определения направленности и видов противооползневых мероприятий (принимая во внимание их трудоемкость и экономические затраты) необходимо выявление основных взаимосвязей (сочетаний) воздействующих техногенно-природных факторов, приводящих к определенной реакции ТПТС. С этой целью нами обследовано более 1500 ТПТС, представляющих собой оползнеопасные участки автомобильных, железных дорог, трубопроводов, линий электропередач.

Проанализированы причины деформаций объектов и возникновения аварийных ситуаций, связанные с развитием подвижек грунтов. Так, при обследовании аварийных опор ВЛ в Краснодарском крае установлено, что

самые распространенные причины развития оползневых процессов следующие [162]:

- технология возведения фундаментов;
- сверхнормативные (при налипании снега или льда) и ветровые нагрузки, дополнительные подрезки склонов;
- отсутствие организованного поверхностного стока и, вследствие этого, переувлажнение и разуплотнение грунтов основания опор, образование системы эрозионных промоин;
- отсутствие в некоторых случаях геодезического контроля при возведении опор, а также контроля за натяжением между ними проводов;
- крутизна, рельеф, размыв подъездных путей или вообще отсутствие подъезда нередко исключают прохождение техники к опорам для контроля их состояния, усиления фундаментов и укрепления участка склона.

В общем виде можно констатировать, что чрезвычайные ситуации и деформации компонентов вызваны:

- грубым техногенным вторжением, не предусматривающим компенсирующих мер;
- несоблюдением условий эксплуатационного содержания.

На основе анализа взаимосвязей компонентов ТПТС и воздействующих техногенно-природных факторов, нами разработаны соответствующие классификации (таблицы 3.1–3.3). Они позволяют определять направленность мероприятий при разработке рекомендаций в составе инженерно-геологических изысканий, а также при выполнении проектирования инженерной защиты.

Таблица 3.1 – Классификация взаимосвязей компонентов авто- (железно)дорожных ТПТС и воздействующих факторов

Компоненты и виды взаимосвязей	Воздействующие факторы	
	Техногенный	Природный
<p>Верховой склон с вертикальной планировкой и/или бессточным понижением рельефа</p> 	Вертикальная планировка древнеоползневоего рельефа	Образование мульды в бессточных понижениях с подпиткой оползневых отложений
<p>Откос с устройством выемки и/или набуханием-усадкой глинистых грунтов</p> 	Устройство выемки в глинистых грунтах	Изменения влажности в зоне аэрации, набухание-усадка грунтов
<p>Откос с устройством выемки и/или эрозией полускальных грунтов</p> 	Устройство выемки без восстановления растительного покрова	Выветривание обнаженных пород, эрозионные процессы
<p>Насыпь с недостаточным уплотнением и/или формированием поверхности смещения</p> 	Недостаточное уплотнение возведенной на склоне насыпи	Формирование поверхности смещения на границе с коренным массивом
<p>Насыпь с устройством откоса без водоотвода и/или размывом поверхностными водами</p> 	Незарегулированный водоотвод при планировке рельефа	Размыв грунта верхней части низового откоса поверхностными водами

Окончание таблицы 3.1

Виды взаимосвязей		Основное сочетание воздействующих факторов	
		Техногенный	Природный
Насыпь с устройством откоса без инженерной защиты и/или ухудшением свойств грунтов		Сброс техногенных стоков	Ухудшение физико-механических свойств грунтов
Насыпь с устройством откоса без инженерной защиты и/или эрозионными процессами		Устройство насыпи без вспомогательных защитных мероприятий	Эрозионные процессы, водонасыщение насыпных грунтов
Низовой склон с техногенной наброской и/или формированием поверхности смещения		Сброс мусора, глыб выветрелых пород с верхового склона или откоса выемки	Формирование поверхности скольжения
Низовой склон без берегоукрепления и/или меандрированием водотока		Устройство дороги вдоль русла водотока без берегоукрепления	Меандрирование водотока
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 3.2 – Классификация взаимосвязей компонентов трубопроводных ТПТС и воздействующих факторов

Компоненты и виды взаимосвязей	Воздействующие факторы	
	Техногенный	Природный
<p>Склон с устройством срезов и набуханием пород после разгрузки</p> 	Устройство широких срезов для земляных машин и трубоукладчиков	Уменьшение плотности массива, набухание пород после разгрузки
<p>Склон с устройством подъездной дороги выше трубопровода и/или размывом подземными водами</p> 	Изменение режима подземных вод при строительстве	Выходы подземных вод на поверхность
<p>Склон с устройством выемки/насыпи посредством взрыва и/или изменением напряженного состояния массива</p> 	Взрывные работы при разработке пород	Изменение напряженного состояния массива
<p>Насыпь с конструкциями, перекрывающими выходы подземных вод и/или изменением режима увлажнения</p> 	Перекрытие выходов подземных вод массивными конструкциями, возводимыми на вышерасположенном участке склона	Изменение режима увлажнения, замачивание грунтов в зоне разгрузки потока подземных вод

Окончание таблицы 3.2

Виды взаимосвязей	Основное сочетание воздействующих факторов	
	Техногенный	Природный
<p>Насыпь с различной степенью уплотнения слоев и/или прогрессирующим развитием призмы обрушения откоса</p> 	Различная степень уплотнения насыпных грунтов	Постепенное разупрочнение пород в глубину насыпи
<p>Насыпь с устройством траншеи в подошве откоса и/или изменением напряженного состояния</p> 	Устройство коммуникационной траншеи в подошве откоса	Изменение напряженного состояния насыпи
<p>Опоры трубопровода на склоне с устройством подъездной дороги на залесенном участке и/или эрозионными процессами</p> 	Вырубка леса, подрезки под опоры и подъездные дороги-серпантины	Выветривание пород, эрозионные процессы

Таблица 3.3 – Классификация взаимосвязей компонентов коммуникационных ТПТС и воздействующих факторов

Компоненты и виды взаимосвязей	Воздействующие факторы	
	Техногенный	Природный
<p>Склон с устройством просеки и/или эрозионными процессами</p> 	Прорубка просек под линиями электропередач	Эрозионные процессы, разупрочняющие и расчленяющие массив
<p>Склон с устройством выемки и/или ухудшением свойств грунтов</p> 	Строительство опор ВЛ с обнажением коренных пород	Плоскостной смыв, разуплотнение грунтов
<p>Склон с устройством опор ВЛ без водоотвода и/или размывом грунта основания атмосферными водами</p> 	Срезка-отсыпка грунта без устройства водоотвода вокруг опор	Вымывание грунта из-под опоры в периоды обильного выпадения атмосферных осадков и снеготаяния
<p>Склон с устройством котлована под фундаменты и/или водонасыщением насыпных грунтов</p> 	Разработка котлована для грибовидных фундаментов без последующего уплотнения грунта	Накопление влаги в грунте
<p>Склон с подрезкой вблизи ВЛ и/или изменением напряженного состояния основания</p> 	Дополнительная подрезка склона	Изменение напряженного состояния грунтового массива

Окончание таблицы 3.3

Виды взаимосвязей	Основное сочетание воздействующих факторов	
	Техногенный	Природный
<p>Склон с опорами на техногенных формах рельефа и/или образованием временных водотоков</p> 	<p>Расположение опор на участках неэксплуатируемых старых грунтовых дорог, котлованов для добычи горных пород и т. п.</p>	<p>Превращение техногенных форм рельефа во временные водотоки (промоины) и аккумуляторы влаги</p>
<p>Насыпь с устройством опоры ВЛ без инженерной защиты и/или переувлажнением и размывом откоса</p> 	<p>Отсутствие организованного поверхностного стока на обнаженных участках</p>	<p>Переувлажнение и разуплотнение грунтов, формирование промоин</p>
<p>Опоры ВЛ с техногенной нагрузкой в виде отвалов грунта и/или формированием поверхности смещения</p> 	<p>Создание отвалов грунта при строительных работах на склоне вдоль ВЛ</p>	<p>Формирование поверхности смещения на границе с коренным массивом</p>

В таблицах 3.1–3.3 рассмотрены факторы, ухудшающие состояние и, тем самым, увеличивающие экономический риск эксплуатации ТПТС. Для обеспечения устойчивости геологической среды и безопасности транспортно-коммуникационных сооружений необходимо предусматривать комплекс объектов инженерной защиты при обязательном их должном содержании. Инженерная защита включает в себя удерживающие конструкции, подпорные стены, сооружения для отвода поверхностных и подземных вод, берегоукрепление, противоэрозионные мероприятия.

3.2. Обоснование структурной схемы транспортных природно-технических систем на оползнеопасных территориях

В общем виде природно-техническая система, как отмечено в гл. 1, представлена инженерным сооружением (или комплексом сооружений), взаимодействующим с геологической средой в зоне его (или их) влияния. Например, в соответствии с [9], ПТС «Железная дорога» включает в себя последовательно создаваемые системы «Земляное полотно» и «Железнодорожный путь», ограниченные верхним строением пути и передающие на основание (геологическую среду) поездную нагрузку (рисунок 1.1).

Такая структура характерна для территорий, не подверженных воздействию опасных инженерно-геологических процессов. Поэтому общая схема не учитывает дополнительные нагрузки, такие как сейсмичность, колебания уровня грунтовых вод, оползневое давление и другие.

Строительство и эксплуатация ППТС в горных районах осуществляются в сложных геоморфологических, литологических, гидрогеологических условиях (рисунок 3.2, таблицы 3.1–3.3): 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.

Так, для прокладки трубопроводов устраиваются полки путем подрезок склонов, что приводит к смещениям грунтов. При подземном способе проложения труба может деформироваться из-за давления обтекания оползневого грунта. Возведение строительных площадок инженерных сооружений, например, компрессорных станций, сопровождается значительными объемами земляных работ по отсыпке насыпей и подъездов.

а)



б)



Рисунок 3.2 – Автодорожная ТПТС «Дублер Курортного проспекта», г. Сочи: а) типичная площадка строительства, б) схема оползней на территории строительства II очереди [231]

Строительство железных и автомобильных дорог выполняется в полувыемке-полунасыпи, выемке или насыпи, также путем подрезок склонов и их пригрузки при отсыпке грунтов. Обнаженные полускальные породы (аргиллиты, алевролиты, песчаники) начинают активно выветриваться и смещаться в виде осыпей, обвалов, оползней течения. Кроме того, создание отвалов разработанного грунта на склонах с низовой стороны дороги способствует формированию техногенных подвижек.

Устройство линий электропередач, возведение опор ВЛ с использованием типовых грибовидных фундаментов, прокладка подъездных дорог для обеспечения эксплуатационного содержания нарушают равновесие склонов. При этом и сами опоры испытывают воздействия сверхнормативных нагрузок – ветровых или вызванных налипанием снега (льда) – и могут потерять устойчивость.

В этой связи, ТПТС, расположенные на оползнеопасных территориях, включают в себя не только земляное полотно, железнодорожный путь, трубопроводы, опоры ВЛ, взаимодействующие с геологической средой в зоне их влияния. Для обеспечения возможности строительства и эксплуатации линейно-транспортных объектов, в составе ТПТС необходимо предусматривать инженерную защиту – сооружения, воспринимающие соответствующие нагрузки и воздействия. Профиль автодорожной ТПТС, расположенной на склоне, представлен на рисунке 3.3.

На основе вышесказанного, схема транспортной природно-технической системы на оползнеопасной территории будет включать в себя комплекс природных и техногенных объектов, в том числе инженерную защиту, состоящих из элементов и воспринимающих воздействия факторов. На рисунке 3.4 представлена структурная схема разреза автодорожной ТПТС.



Рисунок 3.3 – Профиль строящейся на склоне автодорожной ТПТС

Основными объектами, испытывающими воздействия, являются оползнеопасные склоны, насыпи, дорожное полотно, трубопроводы, опоры ВЛ, опоры трубопроводов, порталы тоннелей, подпорные стены, инженерные (компрессорные и насосные станции, мосты, путепроводы, эстакады), удерживающие, берегозащитные, вспомогательные (противоэрозионные и водоотводные) сооружения. К элементам, из которых состоят объекты, могут, например, относиться: в составе склона – откос выемки (полувыемки) и основной склон; в насыпи – ее тело и откос; в подпорной стене – ее конструкция и дренажная система; дорожное полотно включает дорожную одежду, водопропуск, приемный и гасящий колодцы.

Каждый объект имеет определенную значимость в обеспечении устойчивости ТПТС. Аналогично, каждый из элементов имеет свой вес в функционировании объекта.

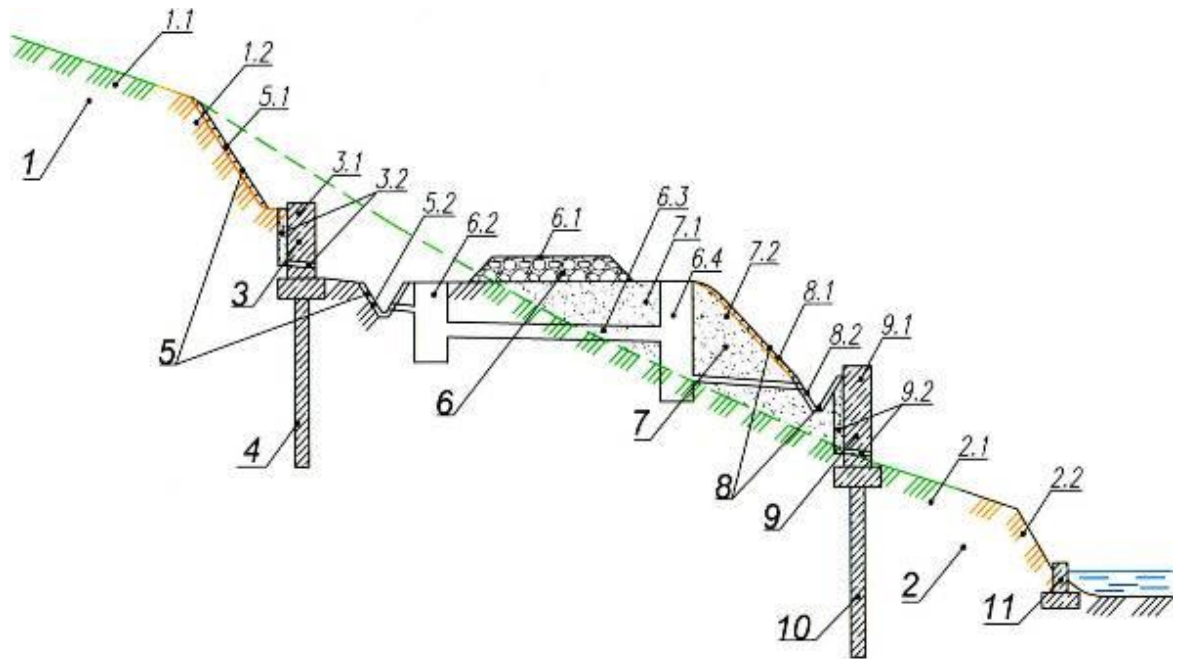


Рисунок 3.4 – Структурная схема разреза ТПТС
на оползнеопасной территории:

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

В целом, оползневая опасность на ТПТС определяется вероятностью оползневого события на природных объектах и уязвимостью техногенных. Это требует оценки состояния компонентов, а также их значимости и веса.

3.3. Определение уязвимости и вероятности оползневых событий на основе параметров значимости и веса компонентов транспортных природно-технических систем

Прогноз оползневых процессов, включающий в себя оценку природных и техногенных факторов их развития, позволяет проанализировать изучаемое явление. При этом действие всех факторов может быть сведено к суммарному количественному сопоставлению величин для определения напряженного состояния склона на данный момент времени. При выполнении наблюдений, по выявленным признакам («симптомам») можно оценить вероятность возникновения оползня, что позволяет сделать краткосрочный прогноз [118].

Ввиду многокилометровой протяженности линейных сооружений, повсеместные наблюдения с установкой дорогостоящего оборудования (мониторинг) на практике не реализуются. На содержание сооружений эксплуатирующей организации выделяются определенные средства, что требует их обоснованного перераспределения на участки, где мероприятий необходимы в первую очередь. Выявить и оценить по внешним признакам воздействие факторов на компоненты ТПТС, классифицировать участки по очередности выполнения работ, ориентировочно определить их состав позволяют периодические обследования.

Целью обследования оползнеопасных участков является получение данных об имеющихся деформациях и выявление динамики оползня. Анализируя деформации сооружений, опытный специалист может получить ясное представление о ходе оползневого процесса и предсказать дальнейшее поведение склона [280].

При выполнении обследований, по внешним признакам определяется техническое состояние техногенных и выявляются воздействия факторов на природные компоненты ТПТС. В таблицах 3.4 и 3.5 приведена предлагаемая автором количественная вероятностная оценка воздействия факторов на элементы природных и техногенных объектов, выраженная соответственно баллом состояния или повреждений.

Величина балла оценки состояния или повреждения приведена на основе эмпирического и экспертного методов. Принят во внимание опыт полуколичественной оценки факторов оползневого риска, изложенный в работах [157, 168, 218, 280]. При оценке состояния элементов природных объектов за 100% принято максимально возможное проявление воздействия на данный элемент факторов. Балл для техногенных элементов определен в зависимости от их технического состояния соответственно проценту дефектов (повреждений). Процент повреждений фиксируется в дефектной ведомости при натурных обследованиях элементов объектов, согласно ГОСТ 31937-2011 [54].

Отметим, что балльная система применяется в полуколичественных методах оценки оползневого риска для возможности выполнения расчетов и сопоставления результатов на различных участках. При этом определенные баллы присваиваются качественным параметрам. Однако необходимо учитывать, что входящие в состав объектов элементы имеют разный вес.

Например, подпорная стена включает в себя основную конструкцию, рассчитанную на откосное давление грунта, и дренажную систему, выполняющую второстепенную функцию отвода поверхностных и грунтовых вод (рисунок 3.5). Даже при наличии кальматации дренажа, конструкция стены зачастую удерживает откос от обрушения, т. е. ее вес, выраженный весовым коэффициентом, превосходит вес дренажной системы.

Таблица 3.4 – Вероятностная оценка воздействия факторов на элементы природных объектов ТПТС

Объект воздействия	Описание воздействия факторов на элементы объекта	Балл оценки, состояния, <i>B</i> , %
1. Верховой склон	<p>1.1. Наличие растительности, слабая расчлененность рельефа, блюдца замокания, на отдельных участках грунт влажный</p> <p>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</p> <p>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</p>	<p>0÷30</p> <p>30÷70</p> <p>70÷100</p>
2. Низовой склон	<p>2.1. Наличие растительности, слабая расчлененность рельефа, блюдца замокания, на отдельных участках грунт влажный</p> <p>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</p> <p>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.)</p>	<p>0÷30</p> <p>30÷70</p> <p>70÷100</p>

Таблица 3.5 – 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

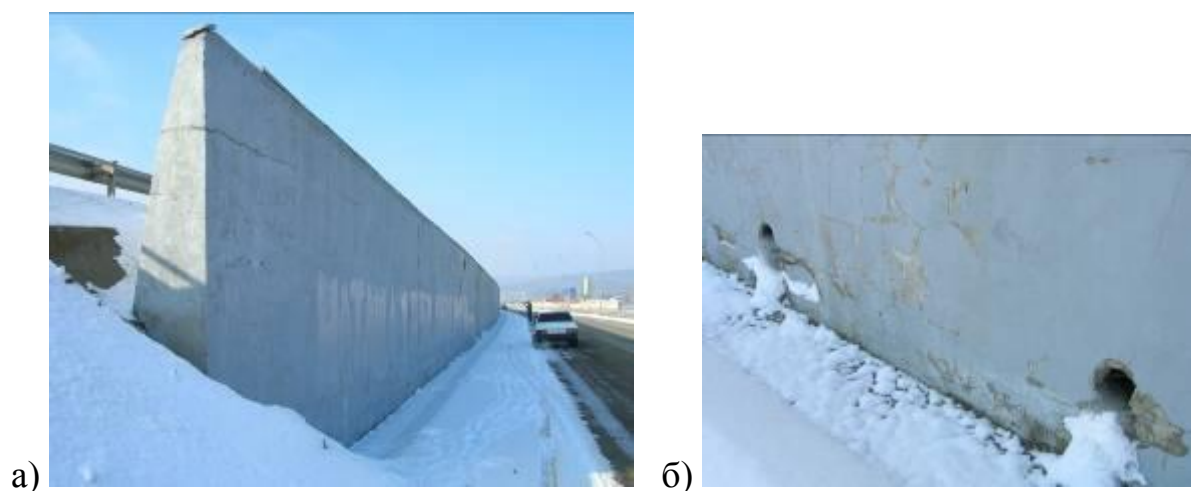


Рисунок 3.5 – Подпорная стена (а), дренажные отверстия в нижней части подпорной стены (б)

Учитывая, что интенсивность воздействия оползнеобразующих факторов является показателем соответствующей природной опасности, характеризующей ее силу [254], а техническое состояние (или физический износ) определяют восприимчивость техногенных объектов к воздействию опасности, нами предлагается следующий расчет:

Вероятность оползневого события (P_{Lj}) на j -м природном объекте ТПТС:

$$P_{Lj} = \sum_{i=1}^n (B_{ij} / 100\%) \cdot W_{\Pi ij}, \quad (3.1)$$

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.

Уязвимость (V_T) j -го техногенного объекта ТПТС:

$$V_{Tj} = \sum_{i=1}^m (D_{ij} / 100\%) \cdot W_{Tij}, \quad (3.2)$$

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.

Тогда, оползневая опасность (H) на ТПТС:

$$H = \sum_{j=1}^l P_{Lj} \cdot K_{\Pi j} + \sum_{j=1}^k V_{Tj} \cdot K_{Tj}, \quad (3.3)$$

где 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.

Для определения параметров веса элементов в объекте и значимости объектов в ТПТС аналитическим методом требуется решение системы линейных уравнений. Обоснование входящих в них параметров осуществлено по результатам обследований более чем 1500 ТПТС, а также путем сопоставления с литературными данными об эффективности работы сооружений инженерной защиты на ЧПК [134, 138, 151, 217, 225, 256], методикой расчета вероятности оползня по известному коэффициенту устойчивости [26], экспертным методом количественной оценки вероятности наступления неблагоприятного события [171].

Наибольшую значимость в ТПТС, расположенных на оползнеопасных территориях, имеют удерживающие и защитные (подпорные, берегоукрепительные и т. п.) сооружения, т. е. капитальные мероприятия [134]. Применительно к условиям ЧПК, комплекс мероприятий должен включать благоустройство склона посредством упорядочения поверхностного стока, защиты обнаженных участков от выветривания и эрозии [134]. Не являясь основными (капитальными), эти сооружения выполняют вспомогательную функцию, вследствие чего их значимость на порядок меньше.

Самое большое влияние на устойчивость ТПТС оказывают сооружения (свайные, свайно-анкерные и т. п.), рассчитанные на оползневое давление грунта, заглубленные ниже поверхности скольжения и удерживающие весь потенциально смещающийся массив. Меньшая роль принадлежит подпорным стенам, воспринимающим лишь призму обрушения (откосное давление), и берегоукрепительным сооружениям, которые также не обеспечивают стабилизацию всего массива.

Помимо типа сооружений, в оценке оползневой опасности, вероятности разрушения ТПТС и финансовых последствий (экономического риска) важнейшим фактором является расположение объектов относительно линейного сооружения. На примере автодорожных ТПТС выявлено, что наибольшее влияние на масштаб последствий оказывает состояние низовых компонентов. В основном это обусловлено:

- 1) опасностью разрушения участка дороги низовыми оползнями, в то время как последствия верховых смещений устраняются очисткой проезжей части от напользшего грунта (рисунок 3.6);
- 2) снижением прочности и увеличением толщи потенциально оползневых грунтов за счет незарегулированного сброса поверхностных и хозяйственных вод, а также продуктов выветривания с верховых откосов и склонов (рисунок 3.7);
- 3) меньшей доступностью низовых сооружений для обслуживания, бóльшей вероятностью досрочного наступления ограниченно работоспособного или аварийного состояния (рисунок 3.8);
- 4) высокой вероятностью смещения насыпных откосов, подверженных динамическим транспортным нагрузкам, превышающим в настоящее время расчетные, а также боковой эрозии (рисунок 3.9);
- 5) более высокой стоимостью инженерной защиты на низовых склонах из-за необходимости устройства подъездных дорог в центральной части или голове оползня, применения специальной техники (например, для наклонного бурения) при работе в стесненных условиях, возведения берегоукрепления и т. п. (рисунок 3.10).



Рисунок 3.6 – Различные проявления оползневого события на низовом и верховом откосах автомобильной дороги



Рисунок 3.7 – Продукты выветривания, сброшенные на низовой откос при эксплуатации автомобильной дороги



Рисунок 3.8 – Труднодоступная для эксплуатационного содержания низовая подпорная стена



Рисунок 3.9 – Смещения насыпных грунтов низового откоса автомобильной дороги в результате повышенных динамических нагрузок и боковой эрозии реки



Рисунок 3.10 – Строительные работы на низовом откосе автомобильной дороги в стесненных условиях

Результаты диагностики оползневых участков и подпорных стен на трассах автомобильных дорог в Краснодарском крае показали [21], что при устройстве трассы в полувыемке-полунасыпи большинство смещений возникают на низовых откосах, т. е. в насыпных грунтах без захвата или с захватом пород естественного склона (таблица 3.6). На верховых откосах, как правило, развиваются процессы выветривания, эрозии и связанные с ними поверхностные смещения (оплывины). В процентном отношении, подпорных стен в ограниченно работоспособном и аварийном состояниях также больше на низовых откосах, чем на верховых (таблица 3.7). Однако при устройстве дороги в выемке, мощность и стоимость удерживающих сооружений могут значительно возрасти из-за большего объема подрезок и возможности развития глубоких оползней.

Таблица 3.6 – Количество верховых и низовых оползней на склонах и откосах автомобильных дорог

Автомобильная дорога	Оползнеопасные участки (мощность 0,5–7 м), шт.	
	Верховые	Низовые
г. Майкоп – г. Туапсе, км 32+000 – км 130+000	9	36
х. Николаенко – пгт. Нефтегорск, км 1+000 – км 5+000	1	7
г. Горячий Ключ – г. Хадыженск, км 10+000 – км 47+000	1	24
г. Горячий Ключ – с. Фанагорийское, км 2+000 – км 9+000	4	8
с. Георгиевское – а. Большое Псеушко, км 7+000 – км 13+000	-	7

Таблица 3.7 – Количество и техническое состояние подпорных стен на верховых и низовых откосах автомобильных дорог

Автомобильная дорога	Подпорные стены, шт.					
	Верховой откос			Низовой откос		
	Всего	Техническое состояние		Всего	Техническое состояние	
		Работоспособное	Ограничено работоспособное – аварийное		Работоспособное	Ограничено работоспособное – аварийное
Майкоп – Туапсе, км 32 – км 130	5	2	3	10	3	7
Горячий Ключ – Хадыженск, км 10 – км 47	-			4	1	3
М-4 Дон, км 1385 – км 1535	18	13 (72%)	5 (28%)	41	18 (44%)	23 (56%)

При развитии оползневого процесса на низовом склоне в смещение также вовлекается участок дороги. Как правило, внимание обращается, если деформации уже захватили обочину или 1/4 проезжей части. В некоторых случаях меры начинают принимать, когда деформации (просадки, трещины) достигают 2/3 проезжей части или уже захватывают ее по всей ширине (таблица 3.8). При этом одним из факторов, присущих только низовым склонам, может явиться боковая водная эрозия, обусловленная деятельностью реки в его подножье [21]. Если берег сложен набухающими (лессовыми) грунтами, то возможно обрушение откоса при периодическом подъеме уровня. Задачи о скорости отступления таких берегов, размокания грунтов, обрушения откосов, ослабленных нишей размокания, решены В. С. Аникиным [6].

Таблица 3.8 – Размеры и количество оползневых деформаций полотна автомобильной дороги Майкоп – Туапсе, км 32+000 – км 130+000

Деформации дорожного полотна, часть от проезжей части							
Количество участков, шт.	обочина	1/5	1/4	1/3	1/2	2/3	по всей ширине
	13	3	8	2	2	1	2

При смещениях грунтов верховых откосов и склонов, участок дороги, как правило, не разрушается. Последствия обычно ограничиваются работами по очистке проезжей части от оползневых накоплений.

Для определения весовых коэффициентов элементов необходимо решить систему из двух (или четырех) линейных уравнений, в зависимости от количества элементов в объекте (рисунок 3.4). Коэффициентами при неизвестных являются баллы оценки состояния элементов природных или баллы оценки повреждений элементов техногенных объектов (таблицы 3.4, 3.5). 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 выполнялись изыскания и известны параметры грунтов.

Для *техногенных* элементов объектов система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} D_{1,1}x_1 + D_{1,2}x_2 = V_1; \\ D_{2,1}x_1 + D_{2,2}x_2 = V_2, \end{cases} \quad (3.4)$$

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.

Такие же системы уравнений решаем для следующих n ТПТС. Далее определяем среднеарифметические значения весовых коэффициентов x_1, x_2 .

Для *природных* элементов объектов система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} B_{1,1}y_1 + B_{1,2}y_2 = P_{L1}; \\ B_{2,1}y_1 + B_{2,2}y_2 = P_{L2}, \end{cases} \quad (3.5)$$

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 (аналогичного) 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.

Такую же систему уравнений решаем для следующих n ТПТС. Затем определяем среднеарифметические значения весовых коэффициентов y_1, y_2 .

Коэффициенты значимости для объектов транспортных ПТС в соответствии со схемой (рисунок 3.4) 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* [355] получены коэффициенты устойчивости и вероятности обрушения на ТПТС, где уже были отмечены деформации объектов. С целью осреднения значений весовых коэффициентов и коэффициентов значимости, расчеты выполнены многократно для различных объектов и различных ТПТС.

В таблице 3.9 приведены весовые коэффициенты элементов и коэффициенты значимости объектов. Параметры получены автором с учетом анализа деформаций и характера разрушений более 1500 ТПТС на Черноморском побережье Кавказа.

Система линейных уравнений имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{L1,1}z_1 + P_{L1,2}z_2 + V_{1,3}z_3 + V_{1,4}z_4 + \dots + V_{1,11}z_{11} = H_1; \\ P_{L2,1}z_1 + P_{L2,2}z_2 + V_{2,3}z_3 + V_{2,4}z_4 + \dots + V_{2,11}z_{11} = H_2; \\ \dots\dots\dots \\ P_{L11,1}z_1 + P_{L11,2}z_2 + V_{11,3}z_3 + V_{11,4}z_4 + \dots + V_{11,11}z_{11} = H_{11}, \end{array} \right. \quad (3.6)$$

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,

Таблица 3.9 – Параметры веса и значимости компонентов ТПТС

Объект ТПТС		Элементы объекта	Весовой коэффициент элемента объекта ($W_{П}$, $W_{Т}$)	Коэффициент значимости объекта ТПТС ($K_{П}$, $K_{Т}$)
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 противо-эрозионная 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 противо-эрозионная 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

$P_{L11,1}, P_{L11,2}$ – вероятности оползневых событий на природных объектах одиннадцатой 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 одиннадцатой ТПТС,

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

Представленные показатели веса и значимости определены для ТПТС, на объектах которых уже есть какие-либо деформации. Ввиду распространения на ЧПК одинаковых по типу оползней, малой изменчивости прочностных показателей грунтов в области подготовленной поверхности скольжения и, в целом, постоянном соотношении коэффициентов веса и значимости в аналогичных конструкциях, полученные данные целесообразно применять и в отношении других ТПТС. Это позволит оценивать оползневую опасность, а также вероятность разрушения и экономический риск различных ТПТС по всей протяженности линейных сооружений в самые сжатые сроки.

3.4. Оценка экономического риска

В соответствии с представлениями *В. И. Осипова* [199], строительство сооружений, в том числе транспортных, обосновывается, в первую очередь, не соображениями безопасности, а социально-экономическими факторами (удобство транспортных путей). Безопасность же строитель-

ства и эксплуатации, по мнению *В. Г. Заиканова* и *Т. Б. Минаковой*, во многом определяется выполнением обязательных общих требований, закрепленных в законодательных и нормативных актах, а также принятием во внимание природных особенностей конкретной территории [112]. Или, говоря словами *В. И. Осипова* в отношении природно-техногенных опасностей, управление ими осуществляется «просто за счет регулирования хозяйственной деятельности» [201].

В этой связи, а также учитывая, что в горных районах сама возможность строительства и последующей эксплуатации линейно-транспортных сооружений обеспечивается устройством многих дополнительных дорогостоящих сооружений, основным риском ТПТС является экономический. Он связан с величинами затрат на мероприятия инженерной защиты, ущербами от оползневого события, вызвавшего разрушения техногенных объектов и приостановку выполнения ими своих функций, дополнительным финансированием на предотвращение повторного проявления оползневого воздействия, перераспределением имеющихся средств на участки первоочередного строительства защитных сооружений.

Результаты диагностики автомобильных дорог регионального значения в Краснодарском крае показали, что стоимость инженерной защиты отдельных участков может изменяться в широких пределах и составлять от 0,5 млн руб. – для верховых оползней-оплывин, 14–100 млн руб. – для низовых неглубоких оползней (мощностью ~5 м), до 300 и более млн руб. – на протяженных (200÷600 м) участках, подверженных, помимо неглубоких смещений, влиянию сопутствующих процессов – просадке, эрозии и т. п. (таблица 3.10) [21]. На отдельных ТПТС, в границах которых не отмечено оползневых смещений, однако развиты процессы выветривания, эрозии поверхностными водами, достаточно выполнить вспомогательные мероприятия и вести их должное содержание. На участках временно ста-

билизованных оползней, при отсутствии видимых повреждений и деформаций дорожного полотна, необходимо выполнять плановые осмотры и обследования, а при необходимости – локальный мониторинг.

При этом, как видно из таблицы 3.11, заблаговременно выполненные мероприятия инженерной защиты на основе данных мониторинга, оказываются значительно дешевле, чем последующее восстановление устойчивости склонов и функционирования объектов. Это связано как со своевременностью обнаружения деформаций, так и с меньшими объемами работ и параметрами защитных конструкций.

Анализ процесса развития оползневых смещений, состояния дорожного полотна и подпорных стен, а также последующих объемов восстановительных работ показал, что наибольший экономический риск связан именно с низовыми (по сравнению с верховыми) объектами (таблица 3.12). Это обусловлено геоморфологическими и грунтовыми условиями, а также дополнительными затратами на выполнение мероприятий: работы по устройству противооползневых сооружений, например с низовой стороны дороги, требуют специальной техники, строительства подъездных дорог, проходящих, как правило, в голове или средней части оползня.

Таблица 3.10 – Стоимость мероприятий инженерной защиты автомобильной дороги Майкоп – Туапсе, км 32+000 – км 130+000, в зависимости от расположения оползня относительно трассы

Предварительная стоимость восстановительных работ, млн руб., при мощности оползня до 5 м					
Оползень на верховом склоне			Оползень на низовом склоне		
мини-мальная	средняя	максимальная	мини-мальная	средняя	максимальная
0,5	3,0	8,5	3,0	52,0	314,0

Таблица 3.11 – Ориентировочная стоимость предупреждающих мероприятий и прямого (без учета косвенного) ущерба при ликвидации последствий оползневых событий на автомобильной дороге А-147 Джубга – Сочи – граница с Республикой Абхазия

Участок, км+	Затраты после оползневого события (ликвидация последствий)		Возможные затраты до оползневого события (предупреждение)	
	Стоимость проектно-изыскательских работ, млн руб.	Стоимость строительно-монтажных работ, млн руб.	Стоимость мониторинга, млн руб.	Стоимость текущих мероприятий по результатам мониторинга, млн руб.
км 41+650	10,7	210,1	2,0	30,0
итого 220,8			итого 32,0	
км 56+860	9,6	240,1	4,8	63,0
итого 249,7			итого 67,8	
км 5+200 (на обходе г. Сочи)	8,6	286,9	3,5	40,0
итого 295,5			итого 43,5	

Таблица 3.12 – Факторы экономического риска на примере автодорожной ТПТС Майкоп – Туапсе, км 32+000 – км 130+000

Расположение объектов воздействия	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

К основным параметрам, определяющим экономический риск линейных сооружений, следует отнести: количество ТПТС, размеры деформаций линейно-транспортных объектов, техническое состояние сооружений инженерной защиты, стоимость восстановительных работ (таблица

3.12). В связи с этим, встает вопрос об оценке вероятности разрушения и экономического риска на различных ТПТС с целью уменьшения возможных ущербов за счет своевременного принятия управленческих мер.

Выше представлена таблица параметров веса и значимости компонентов (таблица 3.9), которая является универсальной и учитывает наличие в ТПТС полного комплекса объектов (рисунок 3.4). Однако различные ТПТС отличаются по составу. Исходя из этого, вероятность разрушения ТПТС, зависящая от оползневой опасности, можно представить в виде:

$$P = H \cdot K_o, \quad (3.7)$$

где H – оползневая опасность на ТПТС;

K_o – коэффициент увеличения значимости объектов ТПТС:

$$K_o = \frac{1}{\sum_{j=1}^l K_{Ij} + \sum_{j=1}^k K_{Tj}}. \quad (3.8)$$

Тогда экономический риск при эксплуатации ТПТС:

$$R = P \cdot C, \quad (3.9)$$

где C – стоимость ТПТС, руб.

На рисунке 3.11, в соответствии с формулами (3.1–3.9), представлена блок-схема расчета вероятности разрушения и экономического риска на эксплуатируемых ТПТС. Предложенный подход позволяет в сжатые сроки выполнить диагностику, сопоставить полученные данные, сделать заключение о необходимости и очередности принятия управленческих мер на различных ТПТС. Для ориентировочной оценки затрат на мероприятия целесообразно выявить воздействующие на конкретный участок природно-техногенные факторы и разработать типизацию, включающую в себя рекомендации, учитывающие взаимное расположение оползня и транспортно-коммуникационного объекта.

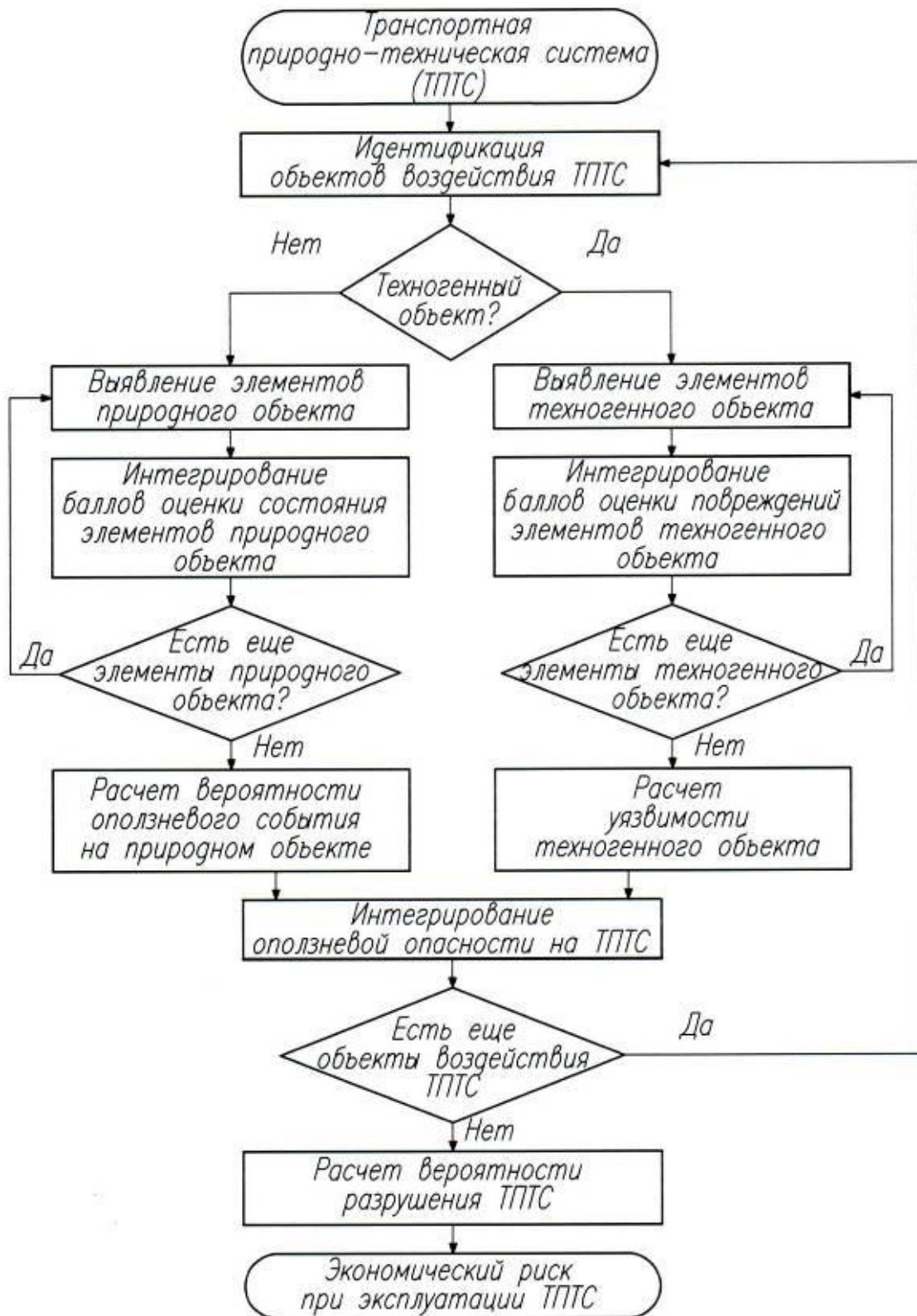


Рисунок 3.11 – Блок-схема расчета экономического риска при эксплуатации ТНТС

Выводы по главе 3

1. При строительстве транспортных природно-технических систем на оползнеопасных территориях формируются определенные взаимосвязи компонентов и воздействующих техногенно-природных факторов, что отражено представленными в работе классификациями. Деформации склонов, откосов, насыпей и расположенных на них транспортно-коммуникационных сооружений, проявляющиеся в результате направленных воздействий, обосновывают необходимость включать в общую схему ТПТС объекты инженерной защиты.

2. На основе анализа способов устройства на склонах транспортно-коммуникационных сооружений и условий их функционирования предложена структурная схема ТПТС, включающая полный комплекс природных и техногенных компонентов (объектов и их элементов), испытывающих воздействия факторов.

3. Анализ прямого экономического ущерба при ликвидации последствий оползневых событий на ТПТС показал, что заблаговременное принятие управленческих мер на основе данных мониторинга или периодических обследований, оказывается значительно дешевле, чем последующее восстановление устойчивости склонов и функционирования объектов. Это связано как со своевременностью обнаружения деформаций, так и с меньшими объемами работ и параметрами защитных конструкций.

4. По результатам обследований ТПТС выявлено, что реализация оползневого события на низовых откосах и склонах, как правило, 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 напользшего грунта. Ввиду 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, наибольшее влияние на риск, выраженный экономическими последствиями, оказывает наличие и состояние компонентов, расположенных с низовой стороны транспортного сооружения.

5. Вероятность разрушения ТПТС и, следовательно, экономический риск, обусловлены опасностью, определяющейся вероятностью оползневого события на природных и уязвимостью техногенных объектов, с учетом их значимости (относительной доли в обеспечении устойчивости ТПТС). Вероятность оползневого события и уязвимость объектов предлагается определять интегрированием баллов оценки состояния или повреждений элементов с учетом их веса (относительной доли в функционировании объекта). Величина балла зависит от интенсивности проявления воздействия факторов и технического состояния элементов природных или техногенных объектов. Для определения коэффициентов веса и значимости компонентов выполнены обследования более 1500 ТПТС, решены системы линейных уравнений, проведен сопоставительный анализ с литературными данными.

6. Представленные разработки позволяют в сжатые сроки по результатам обследований оценить оползневую опасность и экономический риск при эксплуатации ТПТС для обоснования управленческих решений по всей протяженности транспортно-коммуникационного сооружения.

4. УПРАВЛЕНИЕ ОПОЛЗНЕВЫМ РИСКОМ ТРАНСПОРТНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Оценка и управление оползневый риск предполагают действия в условиях уже установленного типа опасности – оползневой. С одной стороны, это определяет стандартность процедуры – вариантное проектирование трасс и мероприятий инженерной защиты. С другой, – особенности линейных сооружений подразумевают их многокилометровую протяженность в сложных инженерно-геологических условиях, разные сочетания воздействующих факторов и варианты взаимодействия с оползнем, стесненность строительных площадок, сжатые сроки проектно-исследовательских работ, ограниченность финансирования. И то, и другое необходимо учитывать в процессе принятия управленческих решений.

4.1. Оценка и управление риском в контексте психологии принятия решений

Помимо выполнения процедуры оценки риска, существует так называемая психология принятия решений. В настоящее время психология риска как научное направление находится на этапе становления. В этой области ведутся серьезные исследования. В работе [8] рассматривается институт риска с позиций права, экономики и психологии, анализируется феномен неуверенности в выборе и принятии рискованного решения.

Эта неуверенность при наличии альтернативы происходит как из-за неопределенности результатов и их вероятностей при известном выборе в случае наступления того или иного события, так и из-за неопределенности

наступления самого этого события: «Все экспериментальные исследования в сфере прикладного применения теории вероятности в процессе принятия рискованных решений сводятся примерно к следующей задаче: в урне находятся 100 шаров, из которых 70 черных, а 30 – белых. Вынимая вслепую шар, человек определяет для себя уровень вероятности получения шара определенного цвета. Но в действительности же, как правило, человек даже не осведомлен о “соотношении таких шаров”, он может даже не знать, что в урне шары разного цвета, более того, он не может быть уверен: а шары ли там вообще? Подобная неуверенность не может быть охарактеризована с позиций теории вероятности. Если субъект не уверен в самой системе альтернатив, то риск принять неверное решение не только неисчислимо, но и не категоризуемо: налицо не количественный показатель, принципиально подлежащий исчислению, а качественный, в определении которого математика бессильна» [8].

Кому в жизни не приходилось сталкиваться с ситуациями, когда логически неверное решение приводило к нужному результату? «Жизнь полна парадоксальных примеров того, что математически правильное решение не всегда является самым оптимальным в конкретной ситуации», множество переменных в реальном уравнении жизненной ситуации не известно даже приблизительно, при этом не является постоянным даже количество самих переменных [8, 89].

Вспомним шутку, как человек выиграл в «Спортлото» большую сумму денег. Друзья пристают:

– Как это ты умудрился выиграть?

– Да понимаете... Мне сон приснился. Шесть семерок. Ну, я и поставил на сорок девять – и выиграл!

– Так шестью семь – сорок два...

– Ну, раз ты такой умный, то и ходи со своей математикой!

Более того, некоторые события вообще не поддаются, казалось бы, обыкновенной логике. Обратимся к истории. Во время блокады Ленинграда в период Великой Отечественной войны к весне 1942 года в городе сложилась тяжелая в эпидемиологическом отношении ситуация: не было воды, не работала канализация, кругом – руины и нечистоты. По воспоминаниям главного эпидемиолога Военно-морского флота СССР профессора и подполковника медицинской службы *А. Я. Алымова* [276], он каждое утро просыпался с тревогой, ожидая сообщения о массовых заболеваниях истощенных людей. Но эпидемий не было. Эта загадка долго волновала профессора. И однажды, анализируя имеющиеся записи, он сказал: «Должно быть, Кто-то хранил Ленинград от эпидемий...».

Занимаясь решением задач управления геотехническими рисками следует понимать, что о «соотношении шаров» мы почти не осведомлены: результаты изысканий лишь приближенно оценивают ситуацию посредством геометрических параметров, отдельных скважин, физико-механических свойств грунтов, определенных при ограниченных условиях испытаний. На практике подобные допущения нередко приводят к непредвиденными последствиям. В связи с этим, предпринимаются попытки разработки методик интегральной оценки опасностей, учитывающие такие показатели, как достаточность изысканий, надежность и обоснованность методов получения расчетных показателей свойств грунтов, достаточность расчетного обоснования конструктивных решений сооружений и т. п. [150].

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 [56], в чрезвычайных ситуациях безопасность населения обеспечивается выполнением ведомственных, эколого-защитных или отраслевых требований, соблюдением правовых норм, выполнением «комплекса правовых, организационных, эколого-защитных, санитарно-гигиенических, санитарно-эпидемиологических и специальных

мероприятий, направленных на предотвращение или предельное снижение угрозы жизни и здоровью людей, потери их имущества и нарушения условий жизнедеятельности в случае возникновения чрезвычайной ситуации». Т. е. геотехнические вопросы решаются не только на основе расчетов устойчивости склонов и оценки возможности реализации опасности. Психологическая сторона принятия решения зависит от политических, экологических, юридических, социальных и других факторов.

При этом нельзя пускать на «авось» или самотек возможность развития неблагоприятных событий – обязательно необходимы разумные управленческие действия, основанные на имеющихся качественных или количественных данных. «Самоформирование упорядоченности» – процесс неестественный как с позиций теории вероятностей, так и с точки зрения второго начала термодинамики [37].

В системах замкнутых показатель степени хаоса – энтропия – всегда возрастает; из упорядоченной формы энергия переходит в неупорядоченную, не производящую полезную работу. Из беспорядка случайных явлений порядок сам по себе не возникнет (что теория вероятностей и подтверждает). Как пример, в [37] отмечается, что, весной, приезжая на дачу, мы не находим случайно «самоподровнявшегося» забора или «самонадстроившегося» второго этажа, но нашему взгляду предстает лишь покосившийся забор или прохудившаяся крыша. Аналогично и в отношении природных, а тем более техно-природных явлений. Порядок, наблюдаемый нами в природе, – это не самоупорядочение: вода скапливается в понижениях, образуя лужи, блюдца замочания, мочаги; многие вещества формируют кристаллы, та же вода, замерзая в воздухе, превращается в симметричные снежинки. Однако эти состояния лишь отвечают минимуму потенциальной энергии, при этом, в целом, энтропия возрастает.

В настоящее время в действие введен международный стандарт ISO 31000, регламентирующий общие руководящие указания и основные принципы реализации менеджмента риска. Для однозначного понимания, нормирована также терминология, при этом основные определения согласуются со стандартами ISO/IEC 73:2002 [358] и AS/NZS 4360:2004 [343]. Детальный анализ, раскрывающий историю разработки ISO 31000, суть изложенных в нем принципов и этапов «менеджмента риска», приведен в [311]. Так, согласно AS/NZS 4360:2004 [343] и ISO 31000, «менеджмент риска» включает в себя ценности, поведение, убеждения (что составляет культуру организаций), структуры и процессы, направленные на осуществление имеющихся возможностей в процессе управления неблагоприятными эффектами; т. е. «менеджмент» – это «скоординированные действия по руководству и управлению организацией в отношении риска» [62].

В нашей стране введен национальный стандарт – ГОСТ Р 51897-2002 [62], принимающий во внимание положения руководства ISO/IEC 73:2002 [358]. Разработаны также рекомендации по стандартизации Р 50.1.070-2009 [242], Р 50.1.069-2009 [241], Р 50.1.068-2009 [240], введенные в действие Приказом руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 1259-ст.

Обзор публикаций [18, 19] показывает, что, разрабатывая методики менеджмента риска, большинство авторов концентрируют внимание на организации деятельности определенного предприятия, а анализ риска начинается с идентификации. Исследуя же стандарт ISO 31000, видно, что начальным действием является установление «контекста» (ситуации) – выявление основных обстоятельств менеджмента риска, сопровождающееся определением внутренних и внешних обстоятельств, созданием структуры возможных мероприятий, разработкой критериев. На протяжении

всего этого процесса, для принятия объективных решений поддерживаются связи и ведется диалог с заинтересованными сторонами, проводятся консультации со специалистами, выполняется мониторинг риска с соответствующей обработкой поступающей регулярно информации, что дает возможность незамедлительно реагировать на ситуацию при изменении факторов, влияющих на риск [311].

Внутренние обстоятельства – это понимание среды организации и происходящих в ней внутренних процессов; обстоятельства внешние означают отношения организации с внешней средой, позволяющие гарантировать, что внешние угрозы, а также цели, взгляды заинтересованных сторон будут учтены.

Названные обстоятельства принимают во внимание потребности организации и выявляют область, по отношению к которой будут предприняты действия в составе менеджмента риска. Критерии, необходимые для оценивания риска и позволяющие решать вопрос целесообразности дальнейшей обработки риска, т. е. выбора и реализации мер по его изменению [62] (снижению), устанавливаются с учетом экологических, финансовых, юридических, технических аспектов. Обзор остальных этапов процесса управления риском представлен в [311]. То есть, установление обстоятельств менеджмента риска предваряет остальные действия, традиционно включающие в себя выявление области исследований, распознавание и определение частоты или вероятности возникновения опасностей, анализ последствий, если опасность реализуется, оценку и оценивание риска, сопоставление полученного результата с критериями, принятие мер, уменьшающих риск, а также контролирующих остаточный уровень риска.

При оценке риска в любой сфере деятельности необходимо четкое определение понятий. Однако, даже в области оползневого риска Международным союзом геологических наук (*IUGS – International Union of*

Geological Sciences) признана двусмысленность терминов [363]. Поэтому, для использования на международном уровне, Комитетом по оценке риска (*The Committee on Risk Assessment*) разработана специальная терминология, представлены схемы и примеры оценки оползневого риска на основе качественных, полуколичественных и количественных методов, рассмотрены аспекты управления [363]. Разработанная терминология гармонизирована с национальными стандартами, включая австралийский и новозеландский AS/NZS 4360:1999 [342].

Так, термин «риск» в указанных документах рассматривается в виде меры вероятности события и серьезности последующего воздействия на здоровье, окружающую среду, собственность. Как правило, риск выражается произведением вероятности неблагоприятного события на последствия. Опасность представляется как ситуация, способная привести к неблагоприятному, нежелательному событию, такому как развитие оползня. Менеджмент риска означает комплексный процесс его оценки, а также обработки и управления риском [363].

Процесс менеджмента оползневого риска представлен на рисунке 4.1 [342, 369]. Общая структура такая же, как и в других отраслях менеджмента риска: анализ, оценка и, собственно, управление.

Неотъемлемыми составляющими этапа анализа являются действия по определению опасности и возможных вариантов последствий (включая всем привычную процедуру составления различных сценариев последствий), а также расчет риска. Далее выполняется оценка риска путем сопоставления полученных результатов анализа риска и допустимого его уровня (критерием риска). Далее осуществляется этап управления оползневым риском за счет реализации выбранных необходимых мер, снижающих риск настолько, насколько это реально возможно, а также разработки мер контроля, в том числе, устанавливая обратную связь с общественностью.

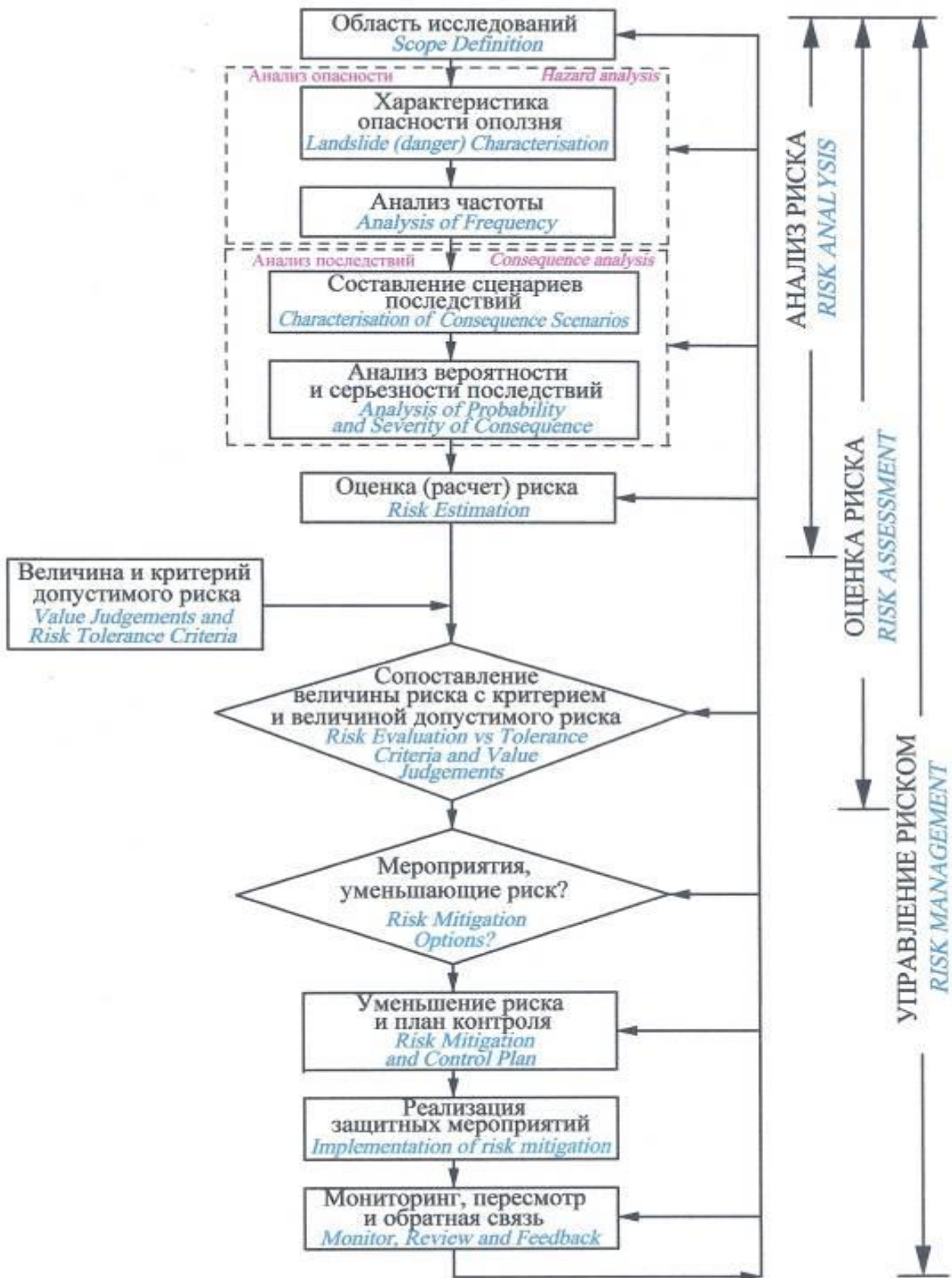


Рисунок 4.1 – Блок-схема менеджмента риска (процесса управления риском), согласно [342, 369]

Определимся с терминологией, которая нужна для однозначного понимания процедуры менеджмента риска. Так, в соответствии с ГОСТ Р 51897-2002 [62]:

- риск – сочетание вероятности связанного с ним события и его последствий;
- критерии риска – правила, по которым оценивают его значимость;
- менеджмент риска – скоординированные действия по руководству и управлению организацией в отношении данного риска;
- анализ риска – систематическое использование информации для определения источников данного риска и его количественной оценки;
- количественная оценка риска – процесс присвоения численных значений его вероятности и последствиям связанного с ним события;
- оценивание риска – процесс сравнения результатов количественной оценки риска с установленными критериями для определения его значимости;
- оценка риска – общий процесс его анализа и оценивания;
- управление риском – действия, осуществляемые для выполнения решений в рамках менеджмента риска;
- оптимизация риска – процесс, направленный на минимизацию негативных последствий связанного с риском события (и его вероятности) и на максимальное использование его позитивных последствий [18, 19].

Рассмотрим более подробно методы оценки риска, т. к. выбор организационных и инженерных мероприятий и, собственно, надежность ТПТС, напрямую связаны с корректностью выполнения анализа риска и точностью полученных результатов. Оценка риска может основываться на качественном, количественном, полуколичественном подходах.

Качественные и полуколичественные методы применяются: (1) как начальный процесс распознавания опасностей и рисков, для изучения которых далее нужен детальный анализ; (2) в случаях, когда время и усилия, необходимые для детального анализа, не оправданы уровнем риска; (3) когда ограничена возможность получения данных, в связи с чем количественный анализ может ввести в заблуждение или не будет значим [369].

Отличие полуколичественного подхода от качественного, в основном, в том, что вероятность, характеризуемая качественно («редко», «возможно» и т. п.), выражается также количественным параметром (10^{-3} , 10^{-5} и т. п.). В работе [369] представлены примеры полуколичественной и качественной оценки. Результаты основываются на анализе специалистами-геотехниками (экспертами) информации, которая имеется у них в распоряжении: литературные, фондовые источники, а также данные визуального обследования. Например, по архивным материалам о мощности и частоте оползневых подвижек, определяется вероятность их активизации и возможные последствия в заданный период.

Отметим, что качественные методы, хотя и представляют результаты оценки в виде «вряд ли», «вероятно», «высокий», «средний», тем не менее, основаны на мнении специалистов и обоснованы их опытом. Экспертное видение позволяет сделать обоснованный вывод о том, является ли оползневая опасность на исследуемой территории угрозой жизнедеятельности людей, экономике, экологии и нужны ли мероприятия по снижению риска для предотвращения возможного ущерба.

Основой количественных методов, используемых для оценки оползневого риска, является математический расчет произведения вероятности события и возможных последствий, если оно (оползневое событие) реализуется. Например, если рассматривать риск собственности, то [363]:

$$R_{prop} = P_h \cdot P_{s:h} \cdot V_{prop:s} \cdot E, \quad (4.1)$$

где R_{prop} – риск (ежегодная потеря стоимости собственности);

P_h – ежегодная вероятность опасного события (оползня);

$P_{s:h}$ – вероятность пространственного воздействия оползня (во внимание принимается дистанция воздействия оползня, местонахождение объекта, а также время воздействия или временная вероятность);

$V_{prop:s}$ – уязвимость собственности;

E – элемент риска, определяемый величиной стоимости собственности.

В количественных методах расчетов как в геотехнике, так и в других отраслях науки широко применяются положения теории вероятности. В учебниках по теории вероятности, например [50], «случайное событие» представляется посредством явления, которое может или не произойти, или произойти при определенных условиях. Вероятность – это числовой показатель (неизвестное заранее число) возможности того, что при тех или иных условиях, которые могут повторяться неограниченное число раз, произойдет случайное событие; вероятность соответствует отношению количества событий, которые нас интересуют, к их общему числу. При этом события могут быть невозможными (тогда вероятность их появления равна нулю) и достоверными (вероятность соответствует единице). Так, подбрасывая монету, мы знаем, что вероятность ее падения на землю равна единице – событие является достоверным.

Однако, в настоящее время все чаще поднимается тема недостаточности только расчетной стороны, без учета эмпирических данных распределения и реализации опасных событий на линейных сооружениях [176]. Методы вероятностного и детерминировано-вероятностного прогнозирования в большинстве случаев не обеспечивают желаемую точность результатов [201].

Известны случаи аварий при вероятности их возникновения 10^{-6} в год [1, 160]. Хотя такой показатель во многих странах считается пренебрежимо малым уровнем риска, не требующем проведения дополнительных мероприятий по его снижению [42, 293]).

Кроме того, ставится под вопрос сама «случайность» происхождения событий. Для наглядности, вероятность того, что хотя бы один раз за миллиард лет произойдет случайное образование ферментов, которые требуются живой клетке, согласно расчетам известного астрофизика *Фреда Хойла*, равна $10^{-4 \times 10^4}$, а вероятность того, что осуществится самосборка живой клетки, даже в самой благоприятной химической среде и если уже необходимые атомы сложены «в кучку», составляет $10^{-10^{11}}$ [37].

Такие примеры показывают, как мы можем ошибаться, ожидая, что какие-то события могут не произойти, а если происходят – то случайно и сами собой. Отметим, что математиками признается невозможным событие, которое имеет меньше одного шанса из 10^{50} .

Однако, несмотря на приближенный характер вероятностных вычислений, они все же позволяют присвоить неопределенности количественную оценку. При выполнении проектирования противооползневых мероприятий количественные данные просто необходимы, т. к. на их основе рассчитываются параметры защитных сооружений (так, необходим правильный выбор величины коэффициента запаса, который, может принимать различные значения, в соответствии с СП 116.13330.2012 [275]). Количественная оценка факторов, влияющих на вероятность активизации оползня и появление неблагоприятных последствий, помогает определить необходимый комплекс противооползневой защиты.

Практически невозможно изучить полностью природные условия, учесть техногенное влияние. Так, если взять техногенную опасность, то она связана, в основном, с ошибками персонала [194], и полноту этих

ошибок, равно как и отклонение результатов расчета от реальных параметров, практически невозможно определить, т. к. неточности накапливаются на каждой стадии формирования любой природно-технической системы (предпроектные проработки, инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатация). Главным назначением действий, связанных с рисками, является замена неопределенностей на вероятностные параметры, обоснованные заключения специалистов-экспертов и т. п. Помимо расчета параметров защитных конструкций и последующей разработки рабочей документации, необходимы также периодические наблюдения (мониторинг), обследования удерживающих сооружений и подпорных стен и, собственно, своевременная оценка оползневого риска.

Конечно, тема управления (или менеджмента) риска многогранна, сложна и практически, и теоретически, а исследования будут продолжаться. Но «шпаргалку» не напишешь для каждой ситуации. Безусловно, нужен анализ конкретной ситуации, соответствующие расчеты, выбор и разработка защитных и превентивных мероприятий. Однако пренебрегать нестандартными, оригинальными идеями и «зацикливаться» на формальных рассуждениях не стоит. Как гласит известный афоризм: «Ноев Ковчег строил дилетант, а «Титаник» – профессионалы».

Исследование проблематики оценки и управления риском показало:

- опасность возникает при наличии человеческого фактора;
- опасность представляется как критерий вынужденного обращения нашего внимания на состояние общества, природных и технических объектов, происходящие процессы;
- риск возникает при существовании опасности;
- риск предполагает оценку и действия;
- понятия «опасность» и «риск» в различных отраслях науки (деятельности) имеют свои особенности;

- «опасность» и «риск» предполагают сомнения в возможности их реализации, что оставляет человеку право выбора;
- «опасность» и «риск» могут выражаться вероятностью, однако риск включает ответственность за действия и чаще определяется сочетанием вероятности и последствий события.

В отношении сочетания слов «управление риском» выявлено:

- управлять риском возможно;
- «управление риском» – завершающий элемент риск-анализа;
- управление риском осуществляется с учетом политических, социальных, юридических, экологических и др. факторов, при этом принятие решений обуславливается и психологическим аспектом;
- суть управления риском – в разработке и выполнении скоординированных действий для решения поставленных задач.

4.2. Типизация взаимодействий оползня с объектами транспортных природно-технических систем

Имея дело с протяженными сооружениями, возникает необходимость типизации территорий для оценки и прогнозирования их устойчивости [303]. Так, протяженность линий электропередачи различного класса напряжений Сочинских электросетей достигает сотни километров. При этом выпадение в зимний период значительного количества атмосферных осадков резко ухудшает состояние подъездных дорог к опорам, что вызывает трудности эксплуатации ВЛ [321]. При реконструкции нефтепровода «Тихорецк – Туапсе», на трех километрах трассы (км 188÷км 190) инженерно-геологическими изысканиями выявлено три различных по механизму оползневого смещения участка, что потребовало разработки различных

решений инженерной защиты [237]. В этой связи, управление оползневым риском ТПТС необходимо основывать на следующих положениях:

– Проектирование трубопроводов, дорог, ВЛ в обход оползней, перенос линий, вынос трасс на новое место, как правило, является не только дорогостоящим, но и не гарантирует от формирования новых подвижек, связанных с неизбежными подрезками; кроме того, перенос на новое место линии ВЛ часто исключается из-за наличия смежных опор [237, 321].

– Протяженность линейных сооружений на оползнеопасных территориях требует принятия обоснованных инженерных решений в сжатые сроки на различных участках, во избежание перебоев в движении транспорта, длительных вынужденных отключений линий и т. п.

– Участки расположения протяженных линейных сооружений различаются масштабом проявления деформаций, генезисом и т. п., поэтому для разработки общей схемы инженерной защиты возникает необходимость типизации территории и выделения категорий риска на основе технического и экономического обоснования проектных решений [221].

– Основой типизации ТПТС является выявление наиболее характерных условий и последствий взаимодействия оползня с объектами воздействия, что определяет направленность мероприятий инженерной защиты.

– Ввиду отсутствия в РФ нормативных требований к приемлемому (допустимому) уровню риска¹, решение о необходимости его снижения принимается органами управления каждой отрасли с учетом категории ответственности транспортно-коммуникационного сооружения и экономических возможностей.

– ¹ В 2006 г. в РФ Российским научным обществом анализа риска принята Декларация об установлении предельно допустимого уровня индивидуального и социального риска: 10^{-4} – 10^{-5} ; риск менее 10^{-6} – 10^{-7} считается незначительным (пренебрежимым) [318]. Предложенные положения носят рекомендательный характер и не закреплены на законодательном уровне.

– В Федеральном Законе от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» закреплены значения индивидуального пожарного риска [288].

– В отношении экономического ущерба нормативные требования отсутствуют.

Инженерная защита, как правило, представляет собой сложные и значительные по стоимости и объему строительные и другие мероприятия, предотвращающие или контролирующие развитие оползней. При этом своевременное определение системы этих мероприятий при предпроектных проработках позволяет установить экономическую и техническую целесообразность размещения техногенных объектов и увеличения стоимости в связи с необходимостью защитных мер, а также предотвратить катастрофические последствия [117].

С целью разработки рекомендаций по инженерной защите нами выполнена типизация условий взаимодействия оползневого массива с объектами авто-, железнодорожных, трубопроводных и коммуникационных ТПТС (таблицы 4.1–4.3). Для этого проанализированы способы и особенности устройства линейных сооружений на оползнеопасных склонах и эффективность различных видов противооползневых мероприятий. Основными критериями явились:

- расположение транспортно-коммуникационного объекта на оползне;
- возможные проявления оползневого воздействия.

При обследовании авто- и железнодорожных ТПТС (таблица 4.1) обращено внимание на зависимость типа (подтипа) оползневого проявления от природно-техногенных форм рельефа и структуры грунтов. Так, дорожное полотно, выполненное в полувыемке-полунасыпи, опирается вдоль верхового откоса на коренные грунты склона, а вдоль низового откоса – на насыпные, которые также подстилаются коренными породами. В этой связи выделяются различные по механизму, глубине, масштабу и причинам формирования оползневые подвижки на:

Таблица 4.1 – 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, разрушение 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 4.1

Расположение дороги	Возможные проявления оползневого воздействия	Рекомендации
На участке выемки	<ul style="list-style-type: none"> – 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 	<ul style="list-style-type: none"> – 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	<ul style="list-style-type: none"> – 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 	<ul style="list-style-type: none"> – 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:

- противэрозионной защиты;
- водоотводных мероприятий, в том числе, каптажа на участках выхода подземных вод.

Таблица 4.2 – Типизация взаимодействий оползня с объектами трубопроводной ТПТС

Расположение трубопровода	Возможные проявления оползневого воздействия	Рекомендации
Перпендикулярно оползнию	– 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; – противоэрозионная защита (устройство противоэрозионных перемычек)

Таблица 4.3 – 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 при подвижках; – поворот опоры; – перекосы опоры; – потеря устойчивости	Устройство стенки, отклоняющей оползневой грунт

- 1) верховом природном склоне;
- 2) верховом (обнаженном) откосе выемки;
- 3) низовом насыпном откосе;
- 4) низовом природном склоне.

При устройстве дороги в выемке возрастают масштабы подрезок, что требует устройства мощных подпорных стен (контрбанкетов). Примерами могут являться автомобильная дорога Обход г. Сочи, транспортная развязка Агура и др., где верховые стены, в большинстве своем, представлены мощнейшими свайно-анкерными сооружениями, иногда многоярусными. Основанием дорожного полотна служат коренные породы. При вертикальной планировке рельефа возможны периодические оползни-обвалы, в том числе, вызванные многолетним накоплением мульды в бессточных понижениях. При наклонном залегании полускальных пород (аргиллитов, алевролитов, песчаников) возможны блоковые оползни-скольжения по поверхностям, совпадающим с плоскостями напластования.

Устройство дороги в насыпи также имеет свои особенности. Подвижки могут возникать как по контуру, где грунт недоуплотнен и продолжает разуплотняться под воздействием процессов выветривания, эрозии, насыщения атмосферными водами, так и в теле насыпи.

При устройстве трубопроводов на склонах (таблица 4.2), полка располагается либо в продольном, либо в перпендикулярном отношении к оползню (крайне редко возможна прокладка трубы на косогорном участке, но, как правило, после технико-экономического сравнения этот вариант не принимается). Продольное, совпадающее с направлением смещающихся оползневых грунтов, расположение предполагает воздействие на трубопровод касательных напряжений. При перпендикулярном расположении, трубопровод находится под воздействием фронтального оползневого давления грунта.

Используются два способа проложения трубы: надземный и подземный. Исследования [237] показывают, что в оползнеопасных районах наиболее эффективным является надземное устройство на опорах в виде буронабивных свай, рассчитанных на давление обтекания оползневом грунтом. Подземный способ требует строительства противооползневых сооружений. В обоих случаях, для уменьшения величины оползневого давления на сваи (при глубоком оползне) возможно устройство свай-шпон, заземленных в коренные породы и воспринимающих давление грунта в нижней части смещающегося массива.

Для высоковольтных линий электропередач (таблица 4.3) основную опасность представляет воздействие оползневого процесса на опоры. Как правило, активные процессы, подготавливающие подвижки грунта и деформации опор, протекают на контакте основания их фундаментов с грунтом естественного сложения [320]. При этом опора может располагаться как на самом оползне, так и выше (вблизи) стенки срыва. В некоторых случаях, перекосы опоры связаны с многолетним процессом ползучести глинистых грунтов. Перенос линий, расположенных в горных районах, возможен, но мало эффективен [321]. Так как опоры имеют точечное распространение на склоне, то укрепление всего оползневого массива нецелесообразно. Как правило, требуется устройство локальных противооползневых сооружений, обтекаемых смещающимся грунтом.

Принятие во внимание различных вариантов взаимодействия оползня с объектами ТПТС позволяет предвидеть возможные последствия, ориентировочно определить типы защитных мероприятий по протяженности линейного сооружения, объемы работ и затрат. Согласно СП 116.13330.2012. Инженерная защита [275], п. 4.4, результаты инженерных изысканий должны содержать, в том числе, прогноз изменения инженерно-геологических с учетом природных и техногенных факторов, а так-

же рекомендации по выбору принципиальных направлений инженерной защиты.

Обоснованное и своевременное введение в состав ТПТС подсистемы противооползневой защиты, несмотря на дополнительные затраты, уменьшает дальнейший ежегодный экономический ущерб, гарантируя социальную безопасность. Однако, важнейшее условие поддержания устойчивой работы комплекса природных и техногенных объектов – должное эксплуатационное содержание.

4.3. Геотехнический мониторинг участков активных оползневых процессов

Геотехнические исследования (геотехника) представляют собой систему взаимосвязанных мероприятий по инженерным изысканиям, расчетам устойчивости зданий и сооружений на грунтовой массе, в толще грунта или из грунта, использованию технологий строительных работ, контролю их качества, мониторингу объектов строительства и окружающей их застройки [116]. Основу геотехники составляет совокупность специальных знаний, позволяющих уменьшать риски для здоровья и жизни людей, связанные с разрушением сооружений и зданий.

В настоящее время важность различных видов наблюдений за состоянием природных и техногенных объектов не вызывает сомнений. Об этом свидетельствуют многочисленные научные публикации, а также практика строительства и эксплуатации. Рекомендации и требования к выполнению мониторинга закреплены на законодательном уровне и в нормативных документах.

Основные понятия, задачи, положения по мониторингу зданий, сооружений, грунтов оснований, прогнозированию чрезвычайных ситуаций приведены в ГОСТах [54, 58, 59], СП [273, 275]. Общие указания на необходимость предусматривать наблюдения находим в ФЗ [287], СП [274]. Разработаны и отраслевые документы с рекомендациями по организации работ, составу мероприятий мониторинга в зависимости от сложности инженерно-геологических условий и категории оползневого риска [205, 206].

В соответствии с [273], под геотехническим мониторингом следует понимать комплекс работ, основанный на натуральных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, а также конструкций сооружений окружающей застройки (п. 12.1). На территориях развития опасных инженерно-геологических процессов геотехнический мониторинг становится уже единой системой, включающей в себя [275] (п. 3.7):

- комплексные наблюдения за инженерно-геологическими 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 и эффективность инженерной защиты.

В качестве основной задачи мониторинга, ГОСТом [59] регламентируется своевременное выявление и прогнозирование развития опасных геологических процессов в целях разработки и реализации мер по предупреждению и ликвидации ЧС, для обеспечения безопасности населения и

объектов экономики страны. С этой целью, федеральным законодательством и нормативными документами закрепляется выполнение (предусмотрение) мониторинга (таблица 4.4):

- 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.

Однако, как видно из таблицы 4.4, формулировки о выполнении мониторинга не всегда носят обязательный характер, и в ряде случаев, даже в одном и том же документе отсутствует единый характер указаний. Кроме того, выполнение мониторинга может ставиться под сомнение даже, если в предыдущих пунктах есть обязательное требование о его наличии в составе основных видов работ [274].

Очевидно, что для большинства объектов (нормальной степени ответственности) четкие положения о необходимости и достаточном составе наблюдений отсутствуют. То есть, мониторинг, являющийся важнейшим из видов работ, может как выполняться, так и не выполняться, смотря какими документами это обосновать. Между тем, геологическая среда – активно развивающийся и постоянно изменяющийся природный объект, находящийся в тесном взаимодействии с трубопроводной системой, земляным полотном автомобильных и железных дорог, компонентами коммуникационных линий [338].

Таблица 4.4 – Указания федерального законодательства и нормативных документов на выполнение мониторинга

Документ	Указание на выполнение мониторинга (наблюдений)	Характер указания	Период выполнения мониторинга
Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ “Технический регламент о безопасности зданий и сооружений”	«...должны быть предусмотрены ...» (ст. 15, п. 9)	обязательный	– «... в процессе эксплуатации здания или сооружения» (ст. 15, п. 9);
	«...может быть предусмотрена необходимость проведения ... » (ст. 18, п. 5)	необязательный	– «... в процессе строительства и эксплуатации...» (ст. 18, п. 5);
	«Безопасность здания или сооружения ... должна обеспечиваться посредством ... и (или) мониторинга...» (ст. 36, п. 1)	необязательный («или»)	– «... в процессе эксплуатации...» (ст. 36, п. 1);
	«...Указанное соответствие должно ... подтверждаться в ходе ... и (или) мониторинга...» (ст. 36, п. 2)	необязательный («или»)	– «... в процессе эксплуатации здания или сооружения...» (ст. 36, п. 2).
СП 47.13330.2010. Инженерные изыскания для строительства	– «В состав инженерно-геологических изысканий и инженерно-геотехнических изысканий входят следующие основные виды работ: ...; локальный мониторинг компонентов геологической среды и стационарные наблюдения;...» (п.6.1)	обязательный	«...за период эксплуатации зданий (сооружений) ...» (п. 6.7.4).
	«Технический отчет, как правило, должен содержать ..., включая результаты стационарных наблюдений и (или) геотехнического мониторинга (при их выполнении) ...» (п. 6.7.4)	прямо разрешающий невыполнение	

Продолжение таблицы 4.4

Документ	Указание на выполнение мониторинга (наблюдений)	Характер указания	Период выполнения мониторинга
СП 11-105-97. Часть I. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ	«Настоящий раздел устанавливает ... требования к выполнению ... исследований, входящих в состав инженерно-геологических изысканий: ...; стационарные наблюдения (локальный мониторинг компонентов геологической среды) ...» (п. 5.1)	обязательный	– «... в состав инженерно-геологических изысканий...» (п.5.1); – «...начиная их при изысканиях для предпроектной документации или проекта и продолжая при последующих изысканиях, а при необходимости ...– в процессе строительства и эксплуатации объектов. ... Состав наблюдений ... следует обосновывать в программе изысканий...» (п. 5.10); – «... в период эксплуатации зданий и сооружений ...» (п. 9.10).
	«Стационарные наблюдения необходимо выполнять ...» (п. 5.10)	обязательный	
	«... Стационарные наблюдения следует производить, как правило, в сложных инженерно-геологических условиях для ответственных сооружений ...»(п.5.10)	обусловленный	
	– «Стационарные наблюдения (локальный мониторинг) ... следует осуществлять...» (п. 9.10)	обязательный	
СП 11-105-97. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов	«... Результаты инженерно-геологических изысканий ... должны ... содержать..., в том числе, при необходимости, рекомендации по корректировке имеющейся системы инженерно-геологического мониторинга...» (п. 4.6.1)	обязательный	– «... в период строительства объекта...» (п. 4.6.1).
ГОСТ Р 54983-2012. Системы газораспределительные	«... должны выполняться следующие регламентные работы по мониторингу ...» (п. 6.2.1)	обязательный	«В процессе эксплуатации сети газораспределения...» (п. 6.2.1).

Окончание таблицы 4.4

Документ	Указание на выполнение мониторинга (наблюдений)	Характер указания	Период выполнения мониторинга
СП 116. 13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов	«Проектирование инженерной защиты следует выполнять на основе: ...; результатов мониторинга ...» (п. 4.2)	обязательный	– «... в периоды строительства и эксплуатации объекта...» (п. 3.7); – «... в проекте... с последующей корректировкой проекта...» (п. 4.5); – «... в период строительства и эксплуатации...» (п. 4.6); – «... в проекте ... для наблюдения в период строительства и эксплуатации ...» (п. 4.14).
	«Если из-за сложности инженерно-геологических ... условий ..., в проекте следует предусматривать экспериментальные сооружения ..., для них должен быть разработан специальный комплекс строительного мониторинга» (п. 4.5)	обусловленный	
	«При проектировании инженерной защиты следует ... предусматривать: ...; в необходимых случаях – систематические наблюдения ... (мониторинг)» (п. 4.6)	обусловленный	
	«В необходимых случаях в проекте следует предусматривать ...» (п. 4.14)	обусловленный	
	«... Виды противооползневых ... мероприятий следует выбирать на основании ..., данных мониторинга» (п. 5.1.6)	обязательный	
СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений	«Геотехнический мониторинг должен также предусматриваться ...» (п. 4.13)	обязательный	– «... в период строительства и на начальном этапе эксплуатации...» (не менее одного года) (п. 12.1); – «программа геотехнического мониторинга разрабатывается в процессе проектирования...» (п. 12.1)
	«Геотехнический мониторинг осуществляется...» (п. 12.1)	общий, поясняющий	

Анализ опыта эксплуатации объектов показывает, что негативные явления, вызванные допущениями и ошибками при изысканиях, проектировании и строительстве, а также связанные с нарушениями условий содержания, начинают проявляться и в полной мере сказываются на протяжении эксплуатационного периода [147]. При этом, как показано исследованиями [97, 98], в 73% случаев аварийные ситуации возникали при сроке эксплуатации сооружений меньше года.

Уместным будет вспомнить и высказывание *К. Терцаги* о том, что вопрос установления степени устойчивости склонов не является существенно зависимым лишь от степени отбора образцов из толщи, а также от методов исследования грунтов и расчета: «Во многих случаях оказывается невозможным оценить степень устойчивости склона в оползневом отношении раньше, чем произойдет сам оползень» (Лондон, IV Международный конгресс, 1957) [161]. Поэтому, большинство рекомендаций о выполнении мониторинга распространяется на период строительства и период эксплуатации объектов, а часть документов предусматривают разработку программы и выполнение наблюдений в процессе изысканий и проектирования.

На территории ЧПК, учитывая масштабность оползневых проявлений, периодический геотехнический мониторинг склоновых участков трасс, а также существующих подпорных сооружений является основной мерой, предупреждающей внезапное развитие подвижек. В число задач мониторинга, способствующих предотвращению аварийного повреждения линейных сооружений, рекомендуется наряду с выявлением оползневых участков, оценивать степень опасности и масштабы оползня, обосновывать параметры контроля состояния сооружения и склона, организовывать сбор информации и ее обработку, а также принимать решения [227]. Анализ близких к аварийным ситуаций, возникающих при строительстве и

эксплуатации объектов в сложных инженерно-геологических условиях, показал, что в ряде случаев необходимость мониторинга возникает еще до выполнения изысканий под строительство противооползневой защиты.

Рассмотрим участок автомобильной дороги на обходе г. Сочи, расположенный на км 3+225 – км 3+900 [251] (рисунок 4.2). При реконструкции дороги, в 2012 г., возникла необходимость его инженерной защиты.

Согласно данным инженерно-геологических изысканий [285], на исследуемой территории выделены оползни I–III-го порядков (рисунок 4.3), выявлены зоны разуплотнения и зоны трещиноватости коренных пород (аргиллитов, песчаников), установлены глубинные положения зеркал скольжения. В верхней части древнего глубокого оползня смещения происходят из-за локальных разделений и разрушений кластеров. Скольжение развивается преимущественно при изменении предельно-равновесного состояния (например, при подрезке). Подобная ситуация произошла в 1990 г.

Из анализа инженерно-геологических материалов следует, что устойчивость склона в настоящее время близка к предельной. При этом факторами подвижек могут явиться [285]:

- воздействие фронтального Северо-Ахунского сброса, Бытхинского грабена, сочинского поперечного разлома, а также влияние Верхнегнилушкинского сброса и приразломных трещин;
- фациальные переходы от песчаников к аргиллитам;
- обводненность склона;
- дополнительная техногенная нагрузка, способствующая появлению новых активных оползней.



Рисунок 4.2 – Оползневой участок автомобильной дороги
Обход г. Сочи, км 3+225 – км 3+900 (2012 г.)

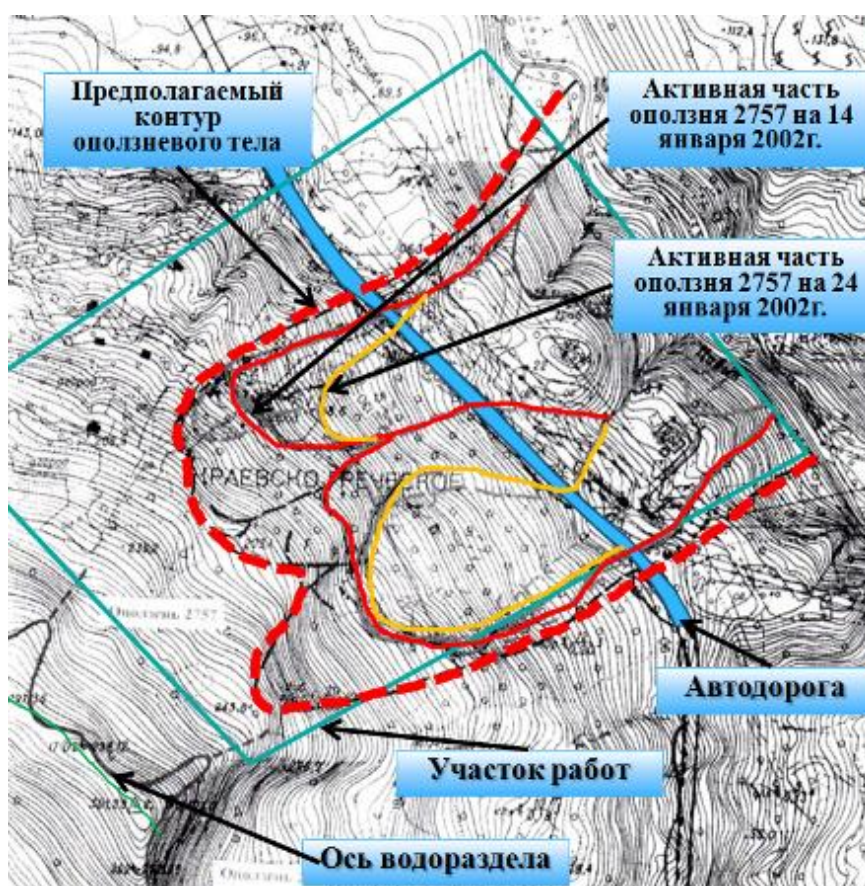


Рисунок 4.3 – Схема расположения трассы автомобильной дороги
и оползней на участке км 3+225 – км 3+900 обхода г. Сочи (2014 г.)

Для оценки изменений инженерно-геологических условий участка в процессе реконструкции дороги, разработана и реализована программа мониторинга [251]. Состав и количество применяемого геотехнического оборудования представлены в таблице 4.5.

В качестве основных мероприятий инженерной защиты рассмотрены [251] (рисунок 4.4):

- Вариант 1. Одноярусное противооползневое сооружение, длиной 675 м, состоящее из:
 - трех рядов буронабивных свай, длиной 35 м, диаметром 1500 мм, расположенных с шагом 3500 мм в ряду и 3000 мм между рядами, объединенных железобетонным монолитным ростверком, высотой 1200 мм, шириной 8300 мм;
 - монолитной железобетонной стены толщиной 400 мм.
- Вариант 2. Одноярусное противооползневое сооружение, длиной 675 м, с контрбанкетом, состоящее из:
 - трех рядов буронабивных свай, длиной 35 м, диаметром 1500 мм, расположенных с шагом 3500 мм в ряду и 3000 мм между рядами, объединенных железобетонным монолитным ростверком, высотой 1200 мм, шириной 8300 мм;
 - одного ряда анкерных свай типа *Titan*, длиной 60 м, установленных с шагом (в плане) 3500 мм;
 - монолитной железобетонной стены толщиной 400 мм.
- Вариант 3. Трехъярусное противооползневое сооружение, длиной 675 м, состоящее из:
 - трех рядов буронабивных свай, длиной 35 м, диаметром 1500 мм, расположенных с шагом 3500 мм в ряду и 3000 мм между рядами, объединенных железобетонным монолитным ростверком, высотой 1200 мм, шириной 8300 мм, предусмотр-

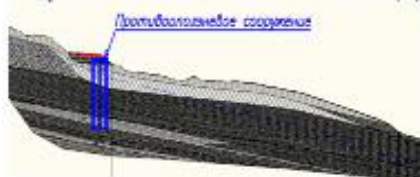
ренных в головной, средней и языковой частях оползневого массива;

- одного ряда анкерных свай типа Titan, длиной 60 м, установленных с шагом (в плане) 3500 мм;
- монолитной железобетонной стены толщиной 400 мм.

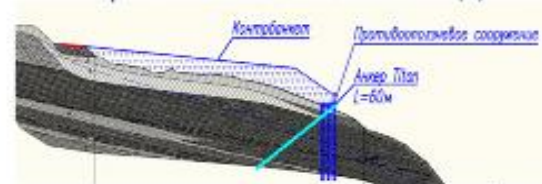
Таблица 4.5 – Состав и количество геотехнического оборудования для мониторинга оползней на участке км 3+225 – км 3+900 обхода г. Сочи [251]

Наблюдаемый параметр	Вид оборудования	Количество оборудования, шт.
Поверхностные перемещения	грунтовые репера	8
	геодезические марки	30
Глубинные перемещения	инклинометрические скважины	16
Уровень грунтовых вод (УГВ)	скважины измерения УГВ	2

I Вариант - 3 800 000 тыс. руб.



II Вариант - 4 600 000 тыс. руб.



III Вариант - 11 800 000 тыс. руб.

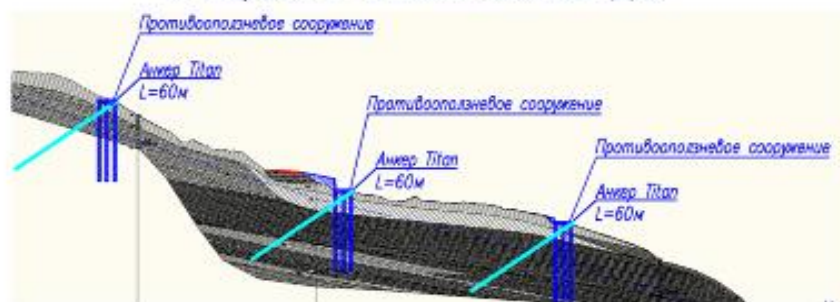


Рисунок 4.4 – Варианты и стоимость противооползневых сооружений на участке км 3+225 – км 3+900 автомобильной дороги Обход г. Сочи

Исследование напряженно-деформированного состояния склона проведено в программном комплексе *Plaxis* [260], основанном на методе конечных элементов. Устойчивость склона определена с помощью программного комплекса *GeoStudio* методом *Моргенштерна-Прайса* [367]. Выполнен ряд расчетов конструкций и устойчивости склона как на основное (автомобильная транспортная нагрузка [71]), так и особое (сейсмичность 9 баллов) сочетания нагрузок. Величины нормативных коэффициентов запаса, согласно [275], приняты равными: $[K_x] = 1,20$ и $[K_y] = 1,08$, соответственно. Методом *Шахунянца* [327], с помощью программы *Engineer Analysis of Slopes* [170], определены оползневые давления на проектируемые сооружения. На рисунках 4.5 и 4.6 представлены результаты расчета противооползневых сооружений по третьему варианту.

На основе комплексного анализа данных инженерно-геологических изысканий, геотехнического мониторинга, расчетов различных вариантов защитных конструкций установлено [251]:

- оползни периодически активизируются;
- поверхность скольжения глубокого оползня расположена на глубине более 30 м (до 42-х м);
- строительство даже наиболее массивных удерживающих сооружений не обеспечит устойчивость склона и безопасность эксплуатации участка автомобильной дороги.

Рациональными решениями в сложившейся ситуации, на наш взгляд, являются [251]:

- продолжить мониторинг оползневых процессов;
- в соответствии с получаемыми данными разрабатывать принципиальные решения по реконструкции автомобильной дороги;
- реализовать комплекс мероприятий по организации дорожного движения с учетом развития деформаций автомобильной дороги;

- выполнить в качестве первоочередных мероприятия по осушению склона;
- рассмотреть вариант обхода данного оползневого участка путем строительства эстакады в долине р. Цанык.

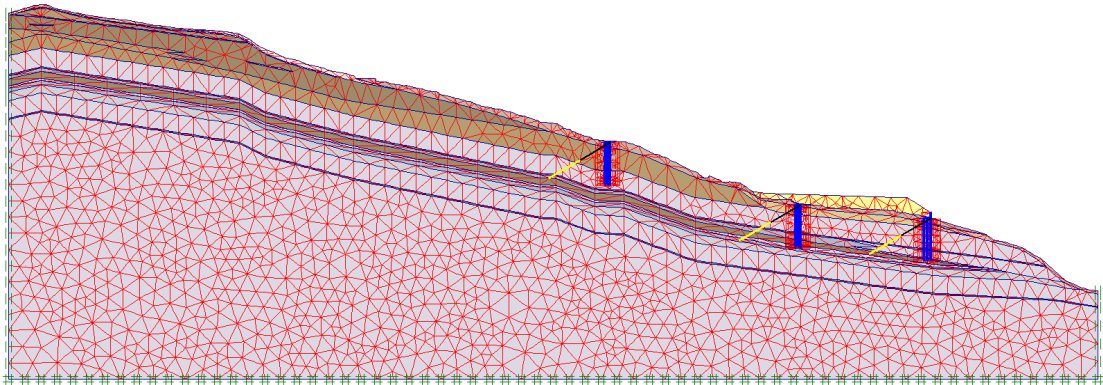


Рисунок 4.5 – Схема напряженно-деформированного состояния склона [260] на участке км 3+225 – км 3+900 автомобильной дороги Обход г. Сочи с учетом противооползневых сооружений

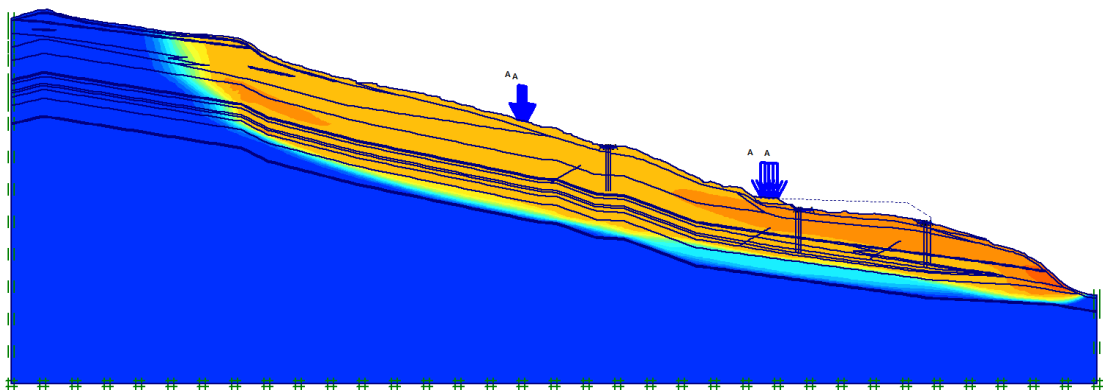


Рисунок 4.6 – Результат расчета устойчивости склона [260] на участке км 3+225 – км 3+900 автомобильной дороги Обход г. Сочи с учетом противооползневых сооружений: $K_y = 1,125 < [K_y] = 1,20$

Таким образом, для оценки инженерно-геологической ситуации на участке автомобильной дороги Обход г. Сочи, ПК35 (км 3+225 –

км 3+900), расположенном на территории активного развития оползневых процессов, применен комплексный подход. Выполненные до разработки проектно-изыскательской документации противооползневой защиты работы, включающие мониторинг, геотехнические расчеты, варианты предпроектные решения позволили установить, что расход средств на изыскания, проектирование и строительство массивных удерживающих сооружений в настоящее время является нецелесообразным.

Выводы по главе 4

1. Управление экономическим риском в условиях оползневой опасности подразумевает необходимость одновременного принятия и реализации обоснованных инженерных решений на различных транспортных природно-технических системах в сжатые сроки для обеспечения функционирования транспортно-коммуникационного сооружения многокилометровой протяженности.

2. Для обоснования принципиальных управленческих решений инженерной защиты транспортных природно-технических систем разработана типизация вариантов взаимодействий автомобильных, железных дорог, трубопроводов, опор ВЛ с оползнями, учитывающая их взаимное расположение и возможные проявления оползневого воздействия.

3. Геотехнический мониторинг, являющийся обязательным звеном в управлении риском, предусматривается в периоды изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации сооружений, однако указания законодательных и нормативных документов на его выполнение не всегда носят обязательный характер. Анализ инженерно-геологических условий ТПТС Черноморского побережья Кавказа показал, что на участках активного развития оползневых процессов мониторинг не только необходим, но и должен предусматриваться до выполнения изысканий на инженерную

защиту. Экономическая целесообразность обосновывается использованием получаемых результатов при последующем выполнении инженерно-геологических изысканий и уточнением объемов работ. В ряде случаев результаты проведения мониторинга позволяют оптимизировать расходы, т. к. даже устройство массивных конструкций не всегда обеспечит устойчивость ТПТС. В таких ситуациях необходимо рассмотреть альтернативные варианты расположения трасс.

5. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА И УПРАВЛЕНИЕ ОПОЛЗНЕВЫМ РИСКОМ В ПРАКТИКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Представленные в настоящей диссертационной работе методы, классификации, типизации, принципы использованы при выполнении различных видов работ на строящихся и эксплуатируемых ТПТС ЧПК. Часть исследований выполнена на основании Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Федерального дорожного агентства на 2011–2013 гг. подпрограммы «Автомобильные дороги» федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)». Ниже представлены примеры практического внедрения.

5.1. Оценка оползневого риска автодорожных транспортных природно-технических систем

В 2007 году, в соответствии с Государственным контрактом № 516 от 27.08.07 г. (Заказчик ГУ КК «Краснодаравтодор», нами выполнялась диагностика оползневых участков на автомобильных дорогах регионального значения в г. Сочи [91]. Основной задачей являлась оценка оползневой опасности и риска с разработкой рекомендаций по инженерной защите автомобильных дорог. Это определило необходимость классифицирования объектов по степени воздействия факторов и проявления оползневых процессов для расчета ориентировочных затрат при планировании дорожных работ. В составе исследований выполнены:

- визуальные обследования склонов, дорожного полотна и сооружений инженерной защиты на оползнеопасных участках автомо-

- бильных дорог (Головинка – Большой Кичмай, Дагомыс – Барановка, Макопсе – Наджиго, Мацеста – Верхняя Измайловка, Подъезд к селу Верхний Солох-аул и др.);
- анализ инженерно-геологических условий по имеющимся архивным материалам с учетом данных визуальных обследований и результатов опроса местных жителей;
 - оценка оползневой опасности на основе качественного или полуквалификационного подходов и составление соответствующей классификации участков;
 - классификация объектов по приоритетности работ;
 - типизация противооползневых мероприятий с ориентировочным расчетом экономических затрат и выдачей рекомендаций по инженерной защите;
 - разработка карт оползневой ситуации как отдельно по участкам, так и сводной.

Исследуемая территория, на которой расположены автодорожные ТПТС, относится к г. Сочи и занимает приморскую часть южного склона Главного Кавказского хребта. Крутизна естественных склонов $\sim 15\text{--}35^\circ$. Территория пересекается многочисленными оврагами, балками, речками. По климатическим условиям входит в зону влажных субтропиков – характерно обилие атмосферных осадков, среднегодовая температура $+14^\circ\text{C}$.

Коренные породы представлены аргиллитами, мергелями, песчаниками. Рыхлый четвертичный чехол представлен галечниковыми отложениями речных и морских террас, глинистыми делювиальными, делювиально-элювиальными породами, накоплениями стабилизированных и активных (современных) оползней.

Выделяется несколько горизонтов грунтовых вод, приуроченных к трещиноватым породам песчаников, а также к четвертичным элювиальным, делювиальным, оползневым накоплениям. Режим грунтовых вод, в основном, зависит от количества атмосферных осадков.

Особенности природных условий способствуют активизации химического выветривания, эрозии, суффозии со снижением физико-механических свойств грунтов. Таким образом, потенциально исследуемые склоны подвержены процессам ползучести и оползневых смещений.

Рассмотрим ТПТС Макопсе – Наджиги, км 5+300. Общий вид представлен на рисунке 5.1.

На период первого визуального обследования в апреле 2007 года выявлено, что дорожное полотно на участке км 5+300 находится в неудовлетворительном состоянии. Цельность покрытия нарушена системой разноориентированных трещин (рисунок 5.1); «залатанное» (неоднократно) полотно более чем на 1/4 ширины дороги деформировано в результате смещений грунта (рисунок 5.2); на локальном участке стыка обочины с дорожным полотном образовалась свежая бровка срыва (рисунок 5.2), обнажив одну из стоек частично искривленного ограждения.

Неукрепленный низовой откос непрерывно деформируется в процессе эрозионной деятельности реки, размывающей основание, по которому проложено полотно дороги. В результате такой «естественной подрезки» нарушается установившееся равновесие склона. Одновременно идет процесс замачивания земляного полотна поверхностными и подземными водами с верховой стороны склона, со снижением свойств грунтов.



**Рисунок 5.1 – Общий вид на автодорожную ТПТС
Макопсе – Наджиги (км 5+300)**



**Рисунок 5.2 – Деформации низового откоса и дорожного полотна
на ТПТС Макопсе – Наджиги (км 5+300)**

Под дорогой проложен водопропуск. Его состояние по внешним признакам оценивается как ограниченно работоспособное. Труба отчасти заполнена оползневым грунтом и деформирована (рисунок 5.3).

В средней части низового откоса из железобетонных блоков выполнена подпорная стена. Ее состояние оценивается как ограниченно работоспособное. Характер расположения трещин на дороге свидетельствует о том, что происходят смещения грунтов вместе с подпорной стеной, базисом является протекающая в подножье река (рисунок 5.4). На низовом склоне видны стенки поверхностных срывов грунта (рисунок 5.5).

Верховой склон залесен, в рельефе отмечаются балочные понижения, а на откосе – бровки срыва, наклоненные в сторону дороги стволы деревьев. На обнаженных участках полувыемки развито выветривание с осыпанием дресвяно-щебенистого грунта на полотно дороги; в реке видны глыбы полускальных пород. В подошве верхового откоса отмечен застой воды (рисунок 5.6).

По итогам исследований можно сделать предварительные выводы:

1. Деформации участка автомобильной дороги Макопсе – Наджиго на км 5+300 (трещины, оползневые смещения, срыв грунта обочины) вызваны активно развитыми неблагоприятными инженерно-геологическими процессами: подмывом рекой подошвы низового откоса (боковая эрозия); выветриванием, замачиванием грунтов поверхностными и подземными водами.
2. Работа существующих сооружений инженерной защиты – подпорной стены и водопропуска – не является эффективной в сложившихся инженерно-геологических условиях, их состояние оценивается как ограниченно работоспособное.
3. При отсутствии дополнительных мероприятий деформации дорожного полотна на данном участке будут периодически повторяться.



Рисунок 5.3 – Деформированная оползневыми массами труба водопропуска на низовом откосе ТПТС Макопсе – Наджиго, км 5+300



Рисунок 5.4 – Подверженная деформациям подпорная стена на низовом откосе ТПТС Макопсе – Наджиго, км 5+300



**Рисунок 5.5 – Стенки срыва грунта на низовом склоне
ТПТС Макопсе – Наджиго, км 5+300**



**Рисунок 5.6 – Застой воды в подошве откоса полувыемки
на ТПТС Макопсе – Наджиго, км 5+300**

В качестве рекомендации может быть выполнен комплекс следующих мероприятий:

- организация отвода поверхностного стока вод (выполнение лотка в подошве верхового откоса, ремонт водопропускного сооружения со сбросом воды за пределы оползневого откоса (в реку);
- локальное берегоукрепление;
- усиление и продление существующей подпорной стены в соответствии с результатами оценки риска и расчетами;
- восстановление конфигурации деформированной обочины плотным щебенистым грунтом.

Оценка оползневой опасности и риска выполнена по трем методикам [157, 218]. Полученные результаты сопоставлены. Ниже представлен последовательный расчет экономического риска при эксплуатации ТПТС в соответствии с разработанным методом.

Исследуемая ТПТС включает в себя следующие объекты и элементы, в соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 3.4:

- 1) верховой склон: основной склон и откос;
- 2) низовой склон: основной склон и откос;
- 3) дорожное полотно: дорожная одежда и водопропуск;
- 4) низовая подпорная стена: конструкция стены.

Вычислим вероятности оползневых событий ($P_{Пj}$) на природных объектах ТПТС в соответствии с формулой (3.1). Для этого определяем баллы оценки состояния и весовые коэффициенты элементов. На основе анализа результатов обследования, по таблице 3.4 баллы оценки состояния верховых склона и откоса можно принять соответственно 0,3 и 0,7, а низовых склона и откоса – соответственно 0,9 и 0,9. С учетом весовых коэффициентов (таблица 3.9), вероятности оползневых событий:

на верховом природном объекте: $P_{П1} = 0,3 \times 0,8 + 0,7 \times 0,2 = 0,38$;

на низовом природном объекте: $P_{П2} = 0,9 \times 0,8 + 0,9 \times 0,2 = 0,9$.

Вычислим уязвимость (V_{Tj}) каждого из техногенных объектов исследуемой ТПТС (формула 3.2). Определяем баллы оценки повреждений элементов (таблица 3.5). Для дорожного полотна: 0,8 (дорожная одежда) и 0,7 (водопроект); для подпорной стены: 0,7. Весовые коэффициенты ($W_{П}$, $W_{Т}$) (таблица 3.9) принимаем с учетом того, что в объекте «дорожное полотно» присутствуют два элемента из четырех возможных, в объекте «подпорная стена» – один из двух элементов. Вычислим коэффициенты увеличения веса элементов ($K_{э}$) на основе формулы (3.8), где вместо коэффициентов значимости используем весовые коэффициенты (0,3 – дорожная одежда, 0,2 – водопроект, 0,8 – конструкция стены):

$$\text{для дорожного полотна } K_{э} = \frac{1}{0,3 + 0,2} = 2;$$

$$\text{для подпорной стены } K_{э} = \frac{1}{0,8} = 1,25.$$

Тогда уязвимость:

$$\text{дорожного полотна: } V_{Т1} = (0,8 \times 0,3 \times 2) + (0,7 \times 0,2 \times 2) = 0,76;$$

$$\text{подпорной стены: } V_{Т2} = 0,7 \times 0,8 \times 1,25 = 0,7.$$

Оползневая опасность (H) на ТПТС (формула 3.3) с учетом коэффициентов значимости объектов $K_{П}$, $K_{Т}$ из таблицы 3.9 ($K_{П1} = 0,001$, $K_{П2} = 0,002$, $K_{Т1} = 0,002$, $K_{Т2} = 0,051$):

$$H = 0,38 \times 0,001 + 0,9 \times 0,002 + 0,76 \times 0,002 + 0,7 \times 0,051 = 0,0394.$$

Вероятность разрушения P транспортной природно-технической системы с учетом коэффициента увеличения значимости объектов K_o (формулы 3.7, 3.8):

$$K_o = \frac{1}{0,001 + 0,002 + 0,002 + 0,051} = 17,86.$$

$$P = 0,0394 \times 17,86 = 0,704 \text{ (т. е. } 70,4\%)$$

Экономический риск при эксплуатации ТПТС (формула 3.9):

$$R = P \cdot C = 0,704 \cdot 100066,48 \text{ тыс. руб.} = 70446,80 \text{ тыс. руб.}$$

Сравнение результатов осуществлялось с методиками, представленными в [218] и [157] (таблица 5.2). Сопоставляемые подходы основаны на полуколичественном методе оценки оползневого риска с применением балльной системы оценки природных и техногенных факторов, таких как категория дороги; степень повреждения дорожного полотна; геометрические параметры участка; наличие трещин отрыва; состояние защитных сооружений и др. Каждому из факторов присваивались относительные баллы или коэффициенты. Категории различных участков определены в зависимости от интегрального показателя риска: первая категория – самые опасные участки, требующие первоочередных мероприятий инженерной защиты; пятая категория – стабилизированные на период исследований участки (отсутствуют признаки оползневой активности), на которых должны выполняться осмотры и другие работы в режиме содержания.

Предлагаемый подход имеет удовлетворительную сходимость с методиками [218] и [157], комплексно и обоснованно дополняет их, позволяя количественно определить вероятность разрушения, оценить экономический риск и рекомендовать защитные мероприятия в кратчайшие сроки на различных ТПТС. Так, согласно исследованиям [171], вероятность разрушения до 70% можно отнести к «высокой», а более 70% – «очень высокой». Результат приведенной выше оценки оползневого риска при вероятности разрушения 70,4% соответствует фактической ситуации: по данным эксплуатирующей организации, разрушение объектов при эксплуатации ТПТС и последующий ремонт дороги из-за оползневой активности реализуются 1–2 раза в год.

Таблица 5.2 – Сравнение результатов оценки оползневой риска на ТПТС Макопсе – Наджиго, км 5+300, по различным методикам

Методика	Вероятность разрушения и/или показатель риска
[218]	I категория (очень высокий)
[157]	II категория (высокий)
Предлагаемая	70%; 70446,80 тыс. руб.

Основные положения предлагаемого подхода применены при диагностике оползневых участков, подпорных стен и удерживающих сооружений, выполненной в 2011 г. на трассах автомобильных дорог А-147 Джубга – Сочи – граница с Республикой Абхазия, А-149 Адлер – Красная Поляна, М-4 Дон, Обход г. Сочи, Майкоп – Туапсе и других.

5.2. Мониторинг в управлении оползневым риском железнодорожной транспортной природно-технической системы

При подготовке к Зимней Олимпиаде 2014 г. начались активные работы по развитию транспортной, спортивной, туристической инфраструктуры г. Сочи как горноклиматического курорта. В программу работ включены реконструкция аэропорта и строительство железнодорожной линии Адлер – Аэропорт. Работы охватили территории Адлерского и Кудепстинского районов, Краснополянский поселковый округ.

Возросшие техногенные нагрузки на геологическую среду привели к активизации на многих участках оползневых процессов. Подобная ситуация сложилась на одной из площадок строительства железнодорожной линии Адлер – аэропорт (рисунок 5.7) [164]. В административном отноше-

нии территория относится к Адлерскому району г. Сочи. Линия берет начало от станции «Адлер» железнодорожного вокзала, проходит в северо-восточном направлении вблизи водораздела правого склона р. Мзымты и р. Большая Херота. Дорога выполнена в начале в эстакадном варианте, далее – в наземном и тоннельном (два коротких тоннеля), заканчиваясь посадочной платформой в районе аэровокзала.

В мае 2011 г., при подрезке склона в период выполнения строитель-но-монтажных работ на одной из площадок ВОХР, расположенных на припортальных участках тоннеля № 1 (восточного) и тоннеля № 2 (запад-ного) резко активизировался оползень (рисунок 5.8). В результате разви-тия оползневого процесса произошли деформации строящейся подпорной стены у западного портала тоннеля № 2 – ее смещение по склону и пере-мещение секций №№ 5 и 6 друг относительно друга на 24 см и более (до 40 см в верхней части) (рисунок 5.9).



**Рисунок 5.7 – Площадка строительства железной дороги
Адлер – аэропорт**



Рисунок 5.8 – Строительство удерживающего сооружения на площадке ВОХР у западного портала железнодорожного тоннеля № 2



Рисунок 5.9 – Смещение секций строящейся подпорной стены друг относительно друга более 20 см в верхней части (площадка ВОХР, железнодорожная линия Адлер – аэропорт, 2011 г.)



Рисунок 5.10 – Блок сбора информации с геотехнического оборудования в процессе мониторинга

Для принятия решений в сложившейся ситуации срочно разработана и реализована программа мониторинга. На участке установлена сеть геотехнического и геодезического оборудования, работающая в едином комплексе (рисунок 5.10) [184]. Показания снимались с периодичностью до 4-х раз в месяц, а при необходимости, чаще.

В составе работ проанализированы данные инженерно-геологических изысканий и выполнены дополнительные геологические и геофизические исследования [284] с использованием инклинометрических скважин. Установлены особенности инженерно-геологических условий строительной площадки, причины развития оползневых смещений, а также существенные отличия данных изысканий и мониторинга.

Выявлено, что в основании площадки залегают глиноподобные аргиллиты сильнотрещиноватые, сильновыветрелые очень низкой прочности; поверхностный чехол представлен делювиально-оползневыми глинистыми накоплениями. Имеются системы тектонических трещин, трещин напластования, а также зона разуплотнения блочной структуры массива в интервале глубин 4,0–22,0 м. В подножье подпорной стены отмечены участки застоя поверхностных, а также выходы подземных вод. В процессе строительства был засыпан ручей. На всей территории развита ползучесть.

Сопоставление полученных результатов инженерно-геологических изысканий и мониторинга (рисунок 5.11) показало несоответствие в установленных величинах глубины поверхности скольжения, положении уровня грунтовых вод и векторе смещения, являющихся основными при выборе типа и параметров противооползневых сооружений (таблица 5.3). Корректность данных изысканий была поставлена под сомнение также результатами поверочных расчетов устойчивости склона и прочности конструкций, выполненных с учетом следующего:



Рисунок 5.11 – Инклинометрическая скважина на участке строительства удерживающего сооружения на площадке ВОХР [184]

Таблица 5.3 – Сопоставление результатов инженерно-геологических изысканий и мониторинга

Исследуемые параметры	Данные инженерных изысканий	Данные мониторинга
Глубина буровых / инклинометрических скважин, м	15	40
Глубина поверхностей скольжения, м	13	18–22
Грунтовые воды	Спорадическое распространение	На глубине 8 м; увлажненность на глубинах 8,4 м, 12,6 м, 14,2 м, 18,5 м
Направление движения оползня	Не определено	Определен вектор смещения

- рассматривались наиболее опасные расчетные сечения;
- учитывалось изменение рельефа склона при поэтапном возведении удерживающих конструкций в проектных отметках;
- уровень грунтовых вод принят максимальным прогнозным, в соответствии с данными изысканий [284];
- прочностные свойства грунтов заданы по данным изысканий [284].

Большинство результатов серий расчетов не соответствовали фактической ситуации: полученные коэффициенты устойчивости в сечениях активных оползневых подвижек имели величины, большие единицы, а расчетные перемещения защитных конструкций не соответствовали данным натурных наблюдений. Среди основных причин – возможное отличие расчетных значений прочностных показателей (сцепления и угла внутреннего трения) [55] от реальных величин в области поверхности скольжения [15, 16, 20].

Для уточнения расчетных значений делювиально-оползневых грунтов выполнены «обратные» расчеты, что позволило провести дальнейшее моделирование. Рассмотрены три гипотезы, соответствующие трем расчетным ситуациям, представленным ниже [164, 184].

Расчеты устойчивости склона и прочности конструкций защитных сооружений выполнены методом конечных элементов с использованием программы *Plaxis* и моделей грунта: *Linear Elastic* и *Mohr-Coulomb* [260]. Другие модели не рассматривались, в связи с отсутствием необходимых исходных данных.

Первая расчетная ситуация. Перемещение верхней части подпорной стены составило 24 см, поэтому моделируется увеличение оползневого давления до достижения этой величины за счет уменьшения физико-механических свойств делювиально-оползневых грунтов. Оползневые и

потенциально-оползневые накопления описаны моделью *Mohr-Coulomb* с использованием физико-механических свойств, полученных «обратными» расчетами; грунт основания описан моделью *Linear Elastic* (очень прочный скальный грунт).

В результате получено, что при задании перемещения в 24 см (и более), расчетные изгибающие моменты превышают допустимые, и при таких их значениях произошло бы разрушение железобетонной сваи. Так как в период исследований в конструкции подпорной стены не обнаружено даже трещин, то можно предположить наличие фактических равномерных перемещений сооружения, начиная с пяты сваи и до оголовка. Таким образом, результаты расчета не соответствуют фактическим условиям.

Вторая расчетная ситуация. Для моделирования перемещений верха конструкции в данной схеме изменена модель грунта основания подпорной стены. Вместо *Linear Elastic* (прочный скальный грунт), в данной схеме принята модель *Mohr-Coulomb*, при этом прочностные показатели уточнялись «обратными» расчетами.

При анализе результатов выявлено, что при перемещении секций стены порядка 24 см, изгибающие моменты в сваях не достигают предельных величин. Это значит, что все сооружение перемещается плоскопараллельно, почти равномерно, при этом расчетная поверхность скольжения проходит ниже концов свай. Однако, при визуальном обследовании не выявлен выпор грунта в подошве припортального сооружения, т. е. предполагаемая поверхность скольжения упирается в низовое, уже построенное сооружение. Кроме того, в период развития перемещений были установлены временные металлические упоры, приостановившие деформации подпорной стены. Такая ситуация не подтверждает гипотезу, соответствующую второй расчетной схеме.

Третья расчетная ситуация (рисунок 5.12). Моделируется состояние склона при расположении поверхности скольжения на глубине 15–20 м. Оползневые и потенциально-оползневые отложения, а также грунты в области поверхности смещения, описываются моделью *Mohr-Coulomb* с использованием физико-механических свойств, полученных «обратными» расчетами; грунт основания соответствует модели *Linear Elastic* (прочный скальный). В соответствии с полученными результатами, принятая мощность оползневой толщи может создать давление грунта, приведшее к фактическим перемещениям подпорной стены (более 24 см), при этом нормированная устойчивость склона не обеспечена ($K_y=1,047$).

Анализ результатов показал целесообразность дальнейшего использования третьей расчетной ситуации при проектировании конструкций усиления припортального сооружения (подпорной стены). Это позволило выбрать и обосновать целесообразные конструктивные решения инженерной защиты (устройство анкеров и железобетонных упорных ростверков).

Для последующего сопровождения проектирования и строительства мониторинг был продолжен. На рисунке 5.13, в качестве примера, представлен фактический график развития деформаций припортального сооружения после последовательного выполнения работ по усилению подпорной стены. Данные получены по результатам снятия показаний на одном из установленных реперов. Согласно представленному графику, последовательное ведение работ постепенно снижало тенденцию грунтов к подвижкам. Однако устойчивость склона была обеспечена после комплекса выполненных укрепительных мероприятий. В настоящее время удерживающие сооружения построены, защищая линию железной дороги Адлер – аэропорт и обеспечивая ее безопасную эксплуатацию (рисунок 5.14).

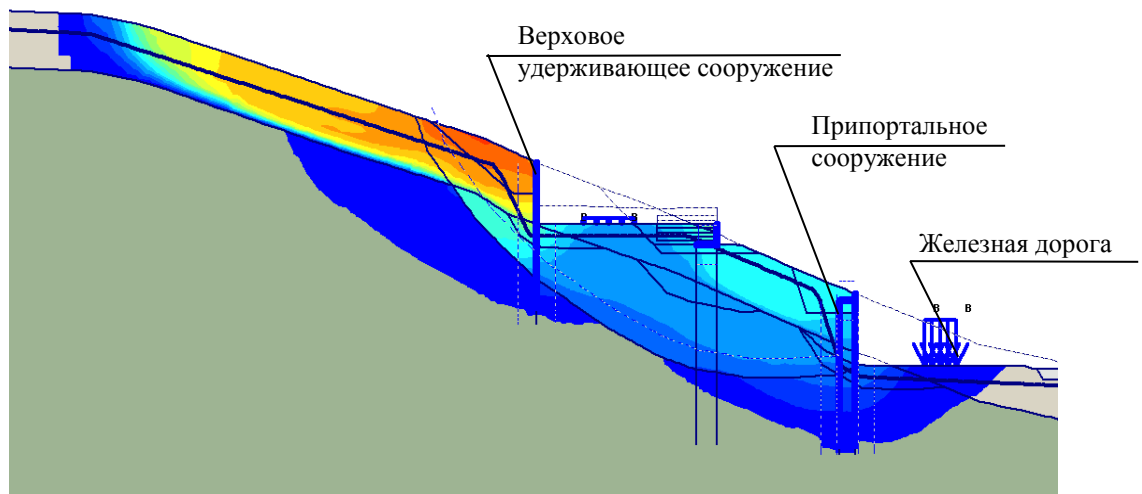


Рисунок 5.12 – Расчетное сечение оползневого склона на площадке ВОХР: моделирование третьей расчетной ситуации с поверхностью скольжения на глубине около 20 м

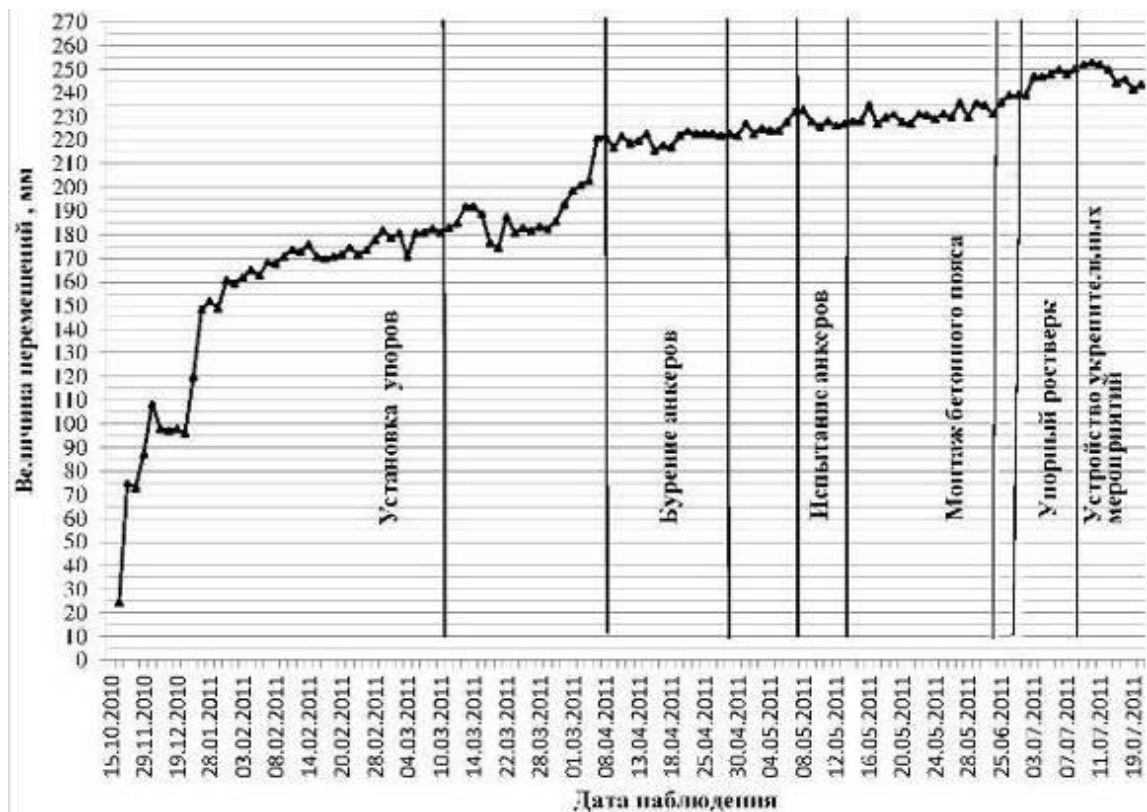


Рисунок 5.13 – График развития деформаций припортального сооружения в зависимости от вида последовательно выполняемых работ по устройству инженерной защиты [164]



Рисунок 5.14 – Общий вид на построенный железнодорожный тоннель и припортальное сооружение линии Адлер – аэропорт

Таким образом, можно констатировать следующее:

1) аварийность ситуации связана со сложностью инженерно-геологических условий площадки строительства;

2) выполненные изыскания для проектирования и строительства подпорной стены на участке активного развития экзогенных процессов (эрозии, ползучести, смещений грунтов) оказались не достаточно информативными по отношению к основным параметрам, влияющим на выбор конструктивных решений удерживающих сооружений: глубине поверхностей скольжения, положению уровня грунтовых вод, направлению подвижек;

3) введение мониторинга в сочетании с дополнительными геологическими исследованиями и расчетным моделированием позволило существенно уточнить данные и принять меры, нормализовавшие ситуацию;

4) перерасхода средств (ущерба) на дополнительные проектно-изыскательские и строительные-монтажные работы можно было избежать, выполняя мониторинг до изысканий для проектирования сооружений инженерной защиты.

5.3. Выбор проектных решений инженерной защиты трубопроводной и коммуникационной транспортных природно-технических систем

На основании писем филиала «ЭлектрогазПроект» № 1152/04 от 28.08.06 и № 1394/04 от 04.10.06, нами выполнено визуальное обследование оползневого склона на участке ПК287–ПК288 (км 330–км 340) трассы газопровода «Россия – Турция». На склоне расположены опоры №№ 4742–4747 вдольтрассовой ВЛ 10 кВ (рисунок 5.15). Основной задачей являлась ориентировочная оценка состояния склона с предложением вариантов противооползневых мероприятий.



Рисунок 5.15 – Оползневой склон в районе расположения опор №4742–4747, ПК287–ПК288 вдольтрассовой ВЛ газопровода «Россия–Турция»

Полка газопровода и линия ВЛ на исследуемом участке устроены на водоразделе. Длина участка составляет 500 м, ширина порядка 40–50 м, перепад высот – 120 м. На период визуального обследования, выполненного в октябре 2006 г., выявлены деформации опор №№ 4746 и 4747 (рисунки 5.16–5.17), связанные с оползневым смещением грунтов: нарушена целостность опоры № 4747 (рисунок 5.17), опора № 4746 смещена с оси трассы вниз на 3–4 м и влево на 2–3 м, отклонение от вертикали составляет 10–15° (рисунок 5.16). Подвижка грунтов зафиксирована между опорами №№4747 и 4745. Выше по склону отчетливо выделяется бровка срыва (рисунок 5.18). Размеры оползня в плане порядка 100 м х 20 м. Стенка срыва высотой около 3 м.



Рисунок 5.16 – Смещение по склону и отклонение от вертикали опоры № 4746 вдольтрассовой ВЛ 10 кВ на ПК287–ПК288 трассы газопровода «Россия–Турция»



Рисунок 5.17 –Разрушение конструкции опоры № 4747 вдольтрассовой ВЛ 10 кВ на ПК287–ПК288 трассы газопровода «Россия–Турция»



Рисунок 5.18 – Оползень на участке ПК287–ПК288 трассы газопровода «Россия – Турция»

Однако потенциально оползневым является массив рыхлого грунта длиной около 200 м, расчлененный многочисленными эрозионными промоинами глубиной 0,5–1,0 м (рисунки 5.19, 5.20). Ось системы промоин совпадает с осью вдольтрассовой ВЛ и направлением движения оползня.



Рисунок 5.19 – Развитие системы эрозионных промоин (вид вверх по склону от опоры № 4745) на ПК287–ПК288 вдольтрассовой Вл 10 кВ



Рисунок 5.20 – Развитие системы эрозионных промоин (вид вниз по склону от опоры № 4745) на ПК287–ПК288 вдольтрассовой Вл 10 кВ

Склон имеет значительную крутизну – порядка 35–40°. В оползневой процесс вовлечен глинистый грунт с включениями дресвы, щебня и глыб полускальных пород – аргиллита и песчаника. К одному из бортов оползневого тела примыкает выполненное ранее противозэрозийное сооружение – противозэрозийная перемычка из мешков с песком и цементом, закрепленных металлической сеткой (рисунок 5.21).

Оползень левым бортом задел газопровод. Воздействие оползневых масс на газопровод подтверждается сильным обнажением и деформациями устроенных в траншее противозэрозийных перемычек (рисунок 5.21).

Слева и справа от оползневого участка склона лес сохранен. Деревья ровные. На самом оползневом участке деревьев нет, что способствует активному развитию эрозии, выветривания, поверхностных смещений.



Рисунок 5.21 – Деформация противозэрозийной перемычки на ПК287–ПК288 вдольтрассовой Вл 10 кВ газопровода «Россия – Турция»

Таким образом, на основании результатов визуального обследования можно сделать следующий предварительный вывод: на исследуемом участке склона вдольтрассовой ВЛ газопровода «Россия – Турция», опоры №№ 4742–4747, активно развиваются неблагоприятные инженерно-геологические процессы. Существует реальная опасность вовлечения в оползневое смещение и объектов ТПТС, расположенных выше по склону.

Анализ сочетаний неблагоприятных факторов, способов устройства линейных сооружений на склоне, расположение и взаимодействие оползня с объектами исследований показал:

1. Полка газопровода и вдольтрассовой ВЛ нарезана по водоразделу; направление оползня совпадает с осью ВЛ и трассы.
2. Ввиду расположения вдоль оползня, газопровод подвергается воздействию касательных напряжений с возможностью развития вертикальных деформаций трубы; на момент обследования газопровод задет левым бортом оползня.
3. Деформируемые опоры расположены в средней и языковой частях оползня, смещаясь вместе с грунтом; подвижки в поверхностных слоях способствуют отклонению оси опоры от вертикали.
4. Аварийная ситуация возникла в результате активного разуплотнения и водонасыщения грунта на обнаженной полке газопровода при отсутствии комплексной инженерной защиты.
5. Для предотвращения дальнейшего развития оползневого процесса с вовлечением газопровода и соседних опор ВЛ необходимо устройство противооползневых мероприятий, включающих в себя:
 - удерживающие сооружения для защиты газопровода;
 - организацию стока поверхностных вод;
 - вертикальную планировку полки газопровода;
 - установку опор ВЛ на буронабивные сваи.

Рекомендуемые варианты технических решений инженерной защиты с ориентировочным технико-экономическим сравнением представлены в таблице 5.4 и на рисунках 5.22–5.23. Для ориентировочного расчета параметров сооружений выполнены детерминированные и вероятностные расчеты устойчивости с применением программного комплекса *GeoStudio* [355].

Ввиду отсутствия каких-либо расчетных данных, нами использована проанализированная и обобщенная информация о свойствах делювиально-оползневых глинистых отложений по трассе газопровода «Россия – Турция» [20, 208, 282, 283 и др.]. Осредненные расчетные значения и стандартные отклонения (SD) сцепления и угла внутреннего трения вычислены по предложенным выше методикам (глава 2, рисунки 2.30, 2.31) и составляют:

- сцепление $c_t = 12,4$ кПа ($SD_{c_t}=2,28$);
- $\varphi_t = 7,17^\circ$ ($SD_{\varphi_t}=1,01$).

На основе выполненных расчетов определено:

- коэффициент устойчивости участка склона на основное сочетание нагрузок, $K_y = 1,07$; расчетный диапазон изменения K_y : $0,34 \div 1,63$;
- стандарт значений $K_y = 0,15$;
- показатель надежности, $\beta = 0,47$;
- вероятность последующего смещения, $P = 32,24\%$;
- ориентировочная стоимость инженерной защиты только ВЛ: $8,1 \div 10,6$ млн руб.;
- ориентировочная стоимость инженерной защиты газопровода и ВЛ: $20,6 \div 28,9$ млн руб.

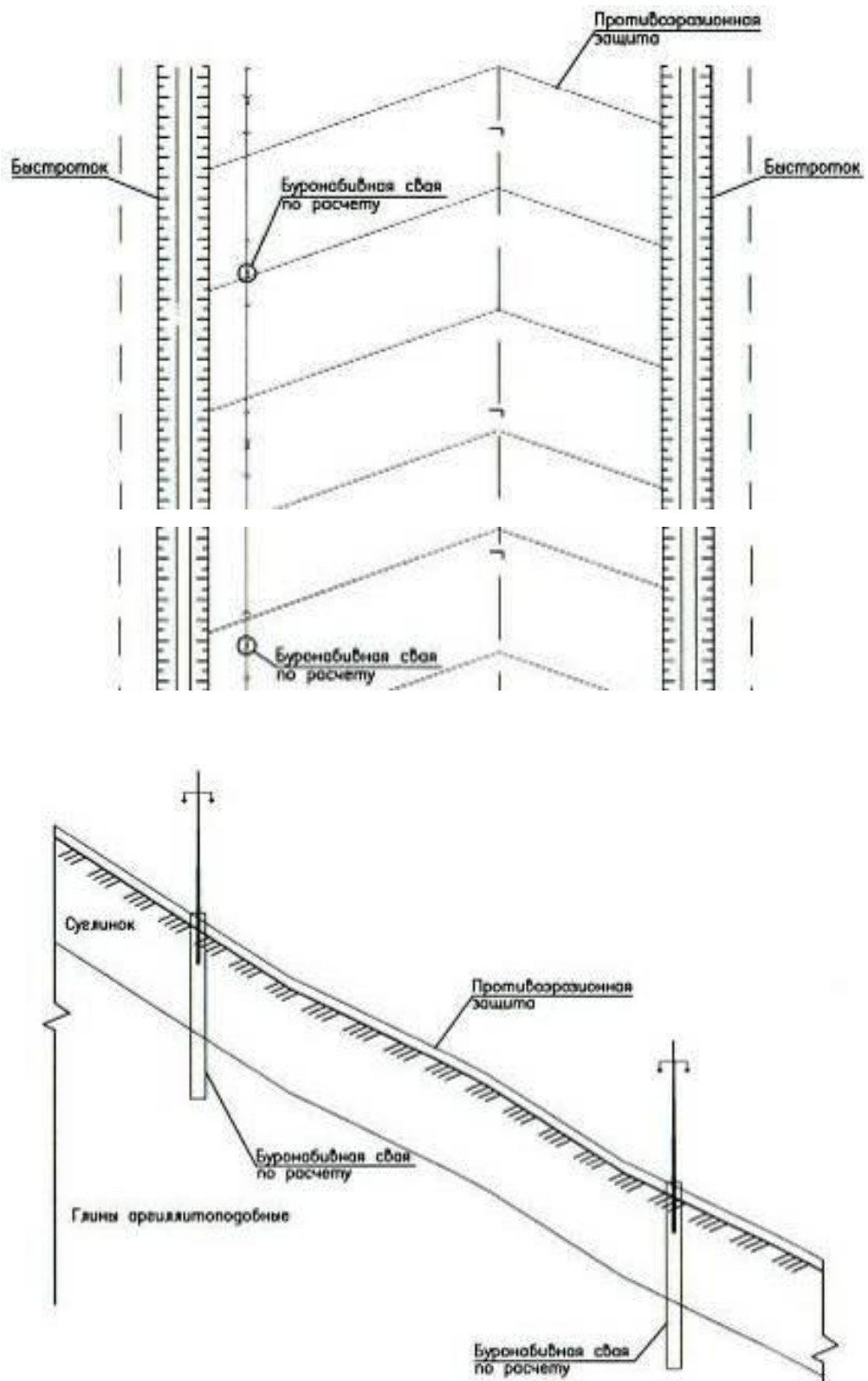


Рисунок 5.22 – Схема противооползневых мероприятий на ПК287–ПК288 вдольтрассовой Вл 10 кВ газопровода «Россия – Турция»: первый вариант

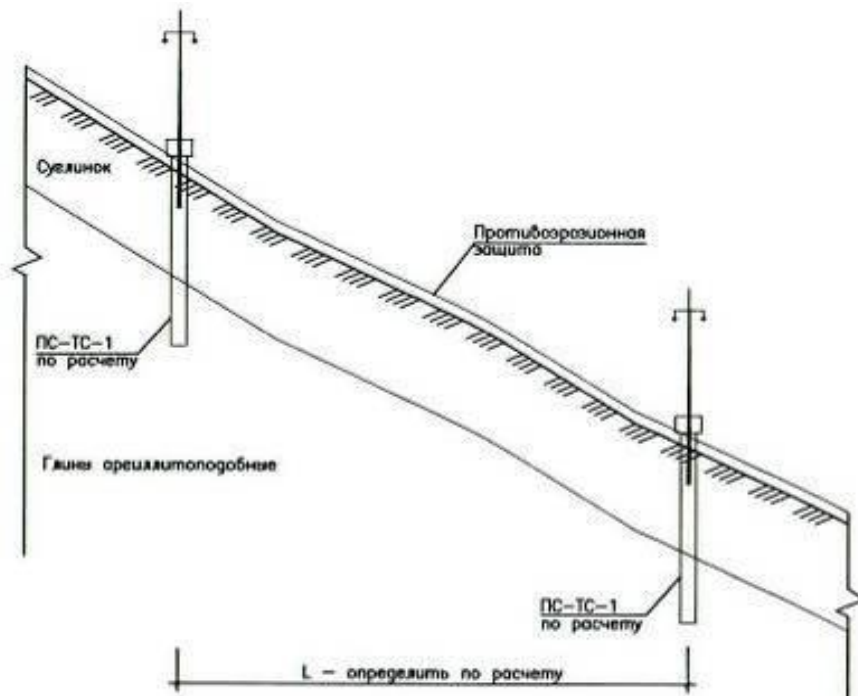
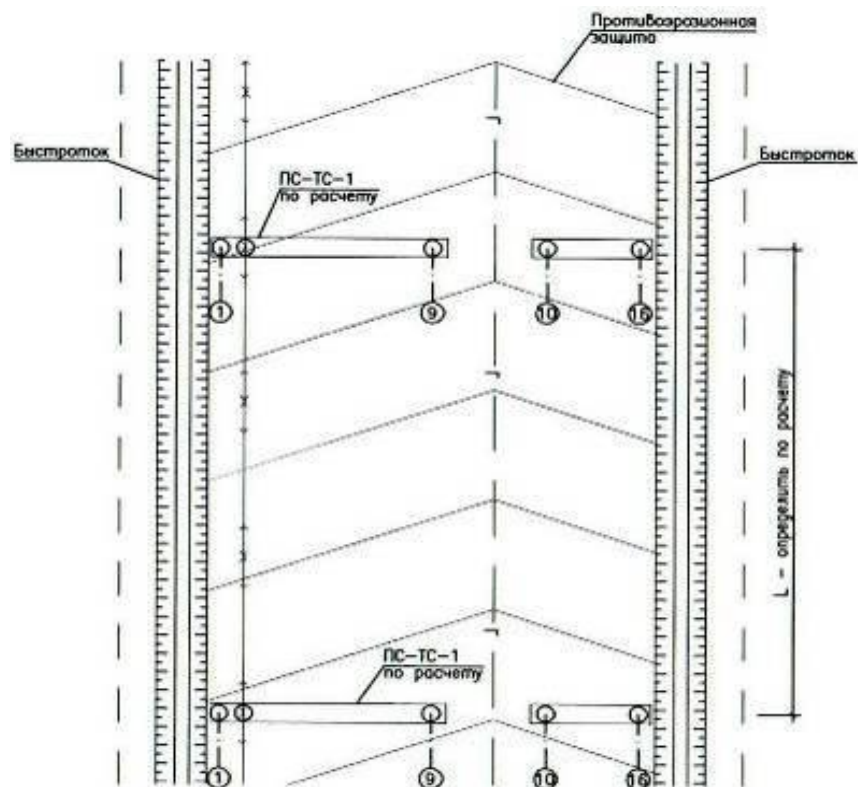


Рисунок 5.23 – Схема противооползневых мероприятий на ПК287–
 ПК288 вдольтрассовой Вл 10 кВ газопровода «Россия – Турция»:
 второй вариант

Таблица 5.4 – Рекомендуемые мероприятия и ориентировочная стоимость инженерной защиты исследуемых ТПТС: вдольтрассовой ВЛ 10 кВ и газопровода «Россия – Турция» на участке ПК287–ПК288

Рекомендуемые мероприятия инженерной защиты		Цена, млн руб.	
		Защита только ВЛ	Защита газопровода и ВЛ
		Вариант 1 (рисунок 5.22)	Вариант 2 (рисунок 5.23)
Быстроток	Бетонный	3,0–5,0	3,0–5,0
	Георешетка «Прудон-494», заполненная щебнем	2,0–2,5	2,0–2,5
Противо-эрозионная защита	Материал фирмы «Ромекс»	2,3–3,1	2,3–3,1
	Георешетка «Прудон-494»	2,3–3,1	2,3–3,1
Противо-оползневые сооружения	Для опор ВЛ	0,9–1,7	—
	Для защиты газопровода и ВЛ	—	15,0–20,0
Вертикальная планировка рельефа		0,3–0,8	0,3–0,8
ИТОГО		8,1–10,6	20,6–28,9

Выводы по главе 5

1. Результаты исследований применены на различных ТПТС:

- автодорожных и железнодорожных, включая:
 - Джубга – Сочи;
 - Дублер Курортного проспекта;
 - Горячий Ключ – Хадыженск;
 - Обход г. Сочи;
 - Адлер – Аэропорт;
- трубопроводных:
 - «Россия – Турция»;
 - «Адлер – Красная Поляна» и других;

- коммуникационных, в том числе:

- Адлер – Псоу;
- Дагомыс Верещагинка;
- Дагомыс – Сочи.

2. Основные положения исследований использованы при разработке отраслевых дорожных методических документов (ОДМ):

- 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».

3. Представленные в работе научные разработки успешно внедрены при выполнении диагностики, оценки риска, предпроектных проработках, обосновании мероприятий инженерной защиты транспортных природно-технических систем на Черноморском побережье Кавказа.

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 territori-

ях 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 тру-

бопровода, опор ВЛ, в то время, как последствия верховых подвижек ограничиваются очисткой сооружения от наползшего 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В. А. Катастрофы и безопасность / В. А. Акимов, В. А. Владимиров, В. И. Измалков. – М.: Деловой экспресс, 2006. – 392 с.
2. Алешин А. С. Деформационный мониторинг в инженерной геодинамике / А. С. Алешин, В. Б. Дубовской, В. А. Ильичев // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2009. – № 5. – С. 438–445.
3. Алешин А. С. О состоянии дел в сейсмическом районировании России / А. С. Алешин // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. Вып. 12. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геозкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2010 г., г. Москва. – М.: РУДН, 2010. – С. 202–206.
4. Альгин А. П. Риск и его роль в общественной жизни / А. П. Альгин. – М.: Мысль, 1989. – 188 с.
5. Ананьев В. П. Специальная инженерная геология: учебник / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов, Н. А. Филькин. – М.: Высш. шк., 2008. – 263 с.
6. Аникин В. С. Размокание грунтов берегов водохранилищ и оснований сооружений при их локальном замачивании (теория с практическими приложениями): автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.23.07; 05.23.02 / КубГАУ. – СПб, 1993. – 36 с.
7. Аносова Л. А. К вопросу об изменении состава и структурно-механических свойств глин на оползневых склонах / Л. А. Аносова // Проблемы грунтоведения и инженерной геодинамики: тр. – Т. VII. – М., 1971. – С. 146–158.

8. Арямов А. А. Общая теория риска: юридический, экономический и психологический анализ / А. А. Арямов. – М.: РАП, Волтерс Клувер, 2010. – 208 с.
9. Ашпиз Е. С. Мониторинг земляного полотна при эксплуатации железных дорог / Е. С. Ашпиз. – М.: Путь-пресс, 2002. – 112 с.
10. Бабицкая С. С. Оценка разупрочнения грунтов в дорожном строительстве / С. С. Бабицкая, В. Д. Позднякова // Устойчивость балластного слоя и основной площадки земляного полотна: Вопросы геотехники. – Днепропетровск, 1969. – Сб. № 15. – С. 96–100.
11. Балабанов И. П. Опыт создания искусственных аккумулятивных форм в условиях открытых берегов Черноморского побережья Кавказа / И. П. Балабанов, О. М. Казеев // Проблемы гидрогеологического, инженерно-геологического и геоэкологического изучения морских побережий Северного Кавказа: материалы Всесоюз. науч.-техн. семинара, 6–9 декабря 1989 г., г. Сочи. – Сочи, 1990. – С. 107–108.
12. Балабанов И. П. Современная динамика и долгосрочный прогноз развития береговой зоны междуречья Мзымта – Псоу / И. П. Балабанов, Е. М. Манучарянц // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы междунар. науч.-практич. конф. «ГЕОРИСК – 2012». – М., 2012. – Т. 1. – С. 32–37.
13. Бартоломей А. А. Определение величины оползневого давления на свайные элементы удерживающей конструкции / А. А. Бартоломей, А. Н. Богомоллов // Основания и фундаменты в геологических условиях Урала: межвузовский сб. науч. тр. – Пермь: Пермский политехн. ин-т, 1988. – С. 47–51.
14. Батрак Г. И. Прогнозирование режима подземных вод с помощью аппарата самообучающихся вычислительных систем (искусственных нейронных сетей) / Г. И. Батрак // Сергеевские чтения. Моделирование

при решении геоэкологических задач. Вып. 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2009 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 332–338.

15. Безруков В. Ф. Некоторые результаты исследований физико-механических свойств коренных пород олигоцена Сочинского района / В. Ф. Безруков // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. – Сочи, 1973. – Вып. 5. – С. 154–158.

16. Безруков В. Ф. Физико-механические свойства горных пород Сочинского района / В. Ф. Безруков // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. – Сочи, 1971. – Вып. 3. – С. 39–55.

17. Безуглова Е. В. Инженерно-геологическое обоснование надежности противооползневой защиты сооружений / Е. В. Безуглова, С. И. Маций, О. Ю. Ещенко // Инженерные изыскания. – 2010. – № 9. – С. 44–48.

18. Безуглова Е. В. Менеджмент геологических рисков и его психологические аспекты / Е. В. Безуглова, С. И. Маций, Д. В. Плешаков // ГеоРиск. – 2011. – № 4. – С. 44–48.

19. Безуглова Е. В. Опасность, риск и управление риском: определения и суть / Е. В. Безуглова, С. И. Маций, Д. В. Плешаков // ГеоРиск. – 2011. – № 3. – С. 26–31.

20. Безуглова Е. В. Оползневая опасность и риск смещений грунтов на склонах: дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.08 / КубГАУ. – Краснодар, 2005. – 200 с.

21. Безуглова Е. В. Типизация взаимодействия оползней с транспортными природно-техническими системами в Краснодарском крае / Е. В. Безуглова, С. И. Маций // Сергеевские чтения. Развитие научных идей академика Е. М. Сергеева на современном этапе. Юбилейная конфе-

рениция, 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.

22. Белоусова А. П. Оценка риска загрязнения подземных вод радионуклидами с использованием численно-аналитического моделирования на территории Брянской и Калужской областей / А. П. Белоусова // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Вып. 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2009 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 338–342.

23. Билеуш А. И. Оползни и противооползневые мероприятия / А. И. Билеуш. – К.: Наукова думка, 2009. – 330 с.

24. Бишоп А. У. Определение свойств грунтов в трехосных испытаниях. Пер. с англ. проф. д-ра техн. наук Г. И. Тер-Степаняна / А. У. Бишоп, Д. Дж. Хенкель // Под общей ред. проф. д-ра геол.-минер. наук Н. Я. Денисова. – М.: Гос. изд-во литературы по стр-ву, архитектуре и строительным материалам, 1961. – 231 с.

25. Близниченко С. С. Проблемы транспортного строительства в районах Черноморского побережья Кавказа / С. С. Близниченко // Тр. междунар. науч.-практ. конф. по проблемам механики грунтов, фундаментостроению и транспортному строительству. – Пермь, 2004. – С. 16–18.

26. Бобрович А. С. Определение вероятности образования оползня с учетом анизотропной модели грунта / А. С. Бобрович // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 7. – С. 74–75.

27. Богомолов А. Н. Применение «плоских» решений при расчете устойчивости нагруженных откосов / А. Н. Богомолов // Основания

и фундаменты в геологических условиях Урала: межвузовский сб. науч. тр. – Пермь: Пермский политехнический ин-т, 1989. – С. 162–167.

28. Бондарик Г. К. Инженерно-геологические изыскания: учебник / Г. К. Бондарик, Л. А. Ярг. – 2-е изд. – М.: КДУ, 2008. – 424 с.

29. Будин А. Я. Длительная прочность свайных конструкций на деформирующихся во времени основаниях / А. Я. Будин // Вопросы инженерной геологии и механики грунтов в практике строительства: сб. науч. тр. – М., 1988. – С. 86–96.

30. Бурова В. Н. Модели и методы оценки абразионно-оползневого риска / В. Н. Бурова // Оценка и управление природными рисками: материалы Всеросс. конф. «Риск-2006», 20 апреля 2006 г., г. Москва. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – С. 169–172.

31. Бухарцев В. Н. К определению расчетных значений параметров прочности грунтов / В. Н. Бухарцев // Гидротехническое строительство. – 2006. – № 6. – С. 27–30.

32. Быков А. А. Введение национальных стандартов риска – актуальная задача наших дней / А. А. Быков // Проблемы анализа риска. – 2004. – Том 1. – № 2. – С. 104–105.

33. Быков А. А. Нормативно-экономические модели управления риском / А. А. Быков, В. А. Акимов, М. И. Фалеев // Проблемы анализа риска. – 2004. – Том 1. – № 2. – С. 125–137.

34. Варга А. А. Вероятностный анализ безопасности гидротехнических сооружений при взаимодействии с геологической средой / А. А. Варга // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2002. – № 2. – С. 99–111.

35. Варга А. А. Инженерно-геодинамический анализ взаимодействия гидротехнических сооружений и геологической среды / А. А. Варга

// Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2007. – № 2. – С. 111–116.

36. Вернадский В. И. Несколько слов о ноосфере / В. И. Вернадский // Успехи современной биологии. – 1944. – №. 18. – Вып. 2. – С. 113–120.

37. Вертьянов С. Происхождение жизни: факты, гипотезы, доказательства. – Сергиев Посад: Изд-во Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, 2007. – 144 с.

38. Викторов А. С. Модели математической морфологии ландшафта в решении задач геозкологии / А. С. Викторов // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геозкологических задач. Вып. 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геозкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2009 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 154–159.

39. Викторов А. С. Методы математической морфологии ландшафта в инженерной геологии и геозкологии / А. С. Викторов // Геозкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2003. – № 5. – С. 448–455.

40. Викторов А. С. Методы математической морфологии ландшафта при исследовании криолитозоны / А. С. Викторов, В. Н. Капралова, Т. В. Орлов // Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире: тр. Десятой Междунар. конф. по мерзлотоведению, 25–29 июня 2012 г., Салехард, ЯНАО. – Т. 3. – Тюмень: ООО «Печатник», 2012. – С. 85–90.

41. Витман В. П. Геологическая обстановка и условия образования оползней горы Бытха в Сочи / В. П. Витман // Проблемы геомеханики. – 1971. – № 5. – С. 123–146.

42. Воробьев Ю. Л. Нормирование рисков техногенных чрезвычайных ситуаций / Ю. Л. Воробьев, Н. П. Копылов, Ю. Н. Шебеко // Проблемы анализа риска. – 2004. – Том 1. – № 2. – С. 116–124.
43. Вялов С. С. Реологические основы механики грунтов / С. С. Вялов. – М., 1978. – 447 с.
44. Галицкая И. В. Методологические исследования формирования геохимической опасности и риска на урбанизированных территориях / И. В. Галицкая // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2007. – № 3. – С. 225–237.
45. Галицкая И. В. Оценка геохимической опасности территорий несанкционированных городских свалок / И. В. Галицкая, И. А. Позднякова, Е. П. Труфманова // Сергеевские чтения. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Вып. 6. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2004 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 240–244.
46. Галкин А. Н. Литотехнические системы Белоруссии: закономерности функционирования, мониторинг и инженерно-геологическое обоснование управления: дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.08 / Витебский государственный университет, МГУ. – М., 2014. – 401 с.
47. Галкин А. Н. Особенности формирования природно-технических систем на территории Беларуси и их типизация / А. Н. Галкин // Літасфера. – 2008. – № 1 (28). – С. 126–140.
48. Гинзбург Л. К. Противооползневые удерживающие конструкции / Л. К. Гинзбург. – М.: Стройиздат, 1979. – 80 с.
49. Гинзбург Л. К. Противооползневые сооружения: монография / Л. К. Гинзбург. – Днепропетровск: Лира ЛТД, 2007. – 188 с.

50. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 1977.

51. Голубева А. Б. Замечания к использованию понятий «опасность» и «риск» / А. Б. Голубева // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: Материалы Международной научно-практической конференции «Геориск – 2009». – Т. 1. – М.: РУДН, 2009. – С. 232–235.

52. Гольдштейн М. Н. Об исследовании механических свойств грунтов / М. Н. Гольдштейн, С. С. Бабицкая // Вопросы геотехники. – Днепропетровск, 1972. – № 21. – С. 11–23.

53. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

54. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

55. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.

56. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.

57. ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.

58. ГОСТ Р 22.1.02-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения.

59. ГОСТ Р 22.1.06-99. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов. Общие требования.

60. ГОСТ Р 51344-99. Безопасность машин. Принципы оценки и определения риска.

61. ГОСТ Р 22.10.01-2001. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Оценка ущерба. Термины и определения.

62. ГОСТ Р 51897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения.
63. ГОСТ Р 51898-2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты.
64. ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
65. ГОСТ Р 51901.2-2005 (МЭК 60300-1:2003). Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности.
66. ГОСТ Р 51901.4-2005 (МЭК 62198:2001). Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании.
67. ГОСТ Р 51901.11-2005. Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство.
68. ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007. Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методология.
69. ГОСТ Р ИСО/МЭК 16085-2007. Менеджмент риска. Применение в процессах жизненного цикла систем и программного обеспечения.
70. ГОСТ Р 51901.3-2007 (МЭК 60300-2:2004). Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности.
71. ГОСТ Р 52748-2007. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. Дороги автомобильные общего пользования.
72. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
73. Готман А. Л. Противооползневые многорядные конструкции из свай / А. Л. Готман, М. А. Суворов // Геотехнические проблемы строительства, реконструкции и восстановления надежности зданий и сооруже-

ний: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Липецк: ЛГТУ, 2007. – С. 21–26.

74. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 28.12.2013 с изменениями, вступившими в силу с 01.01.2014).

75. Гражданкин А. И. Опасность и безопасность / А. И. Гражданкин // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 9. – С. 41–43.

76. Гражданкин А. И. Основные принципы нормирования допустимого техногенного риска / А. И. Гражданкин, М. В. Лисанов, А. В. Пчельников // Материалы 10-й Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, 19–21 апреля 2005 г., г. Москва. – М.: ЦСИ МЧС России, 2005. http://accident.fromru.com/Article/MCHS_05.htm

77. Гранатуров В. М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: Учебное пособие / В. М. Гранатуров. – М.: Дело и Сервис, 2010. – 208 с.

78. Графкина М. В. Теория и методы оценки геоэкологической безопасности создаваемых природно-технических систем: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 25.00.36 / МГТУ «МАМИ». – Москва, 2009. – 40 с.

79. Гулакян К. А. Задачи, принципы и методы прогноза экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов / К. А. Гулакян, В. В. Кюнтцель, А. И. Шеко // Проблемы изучения экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов: тр. – Вып. 35. – М., 1971. – С. 4–10.

80. Гулакян К. А. Классификация оползней по механизму их развития / К. А. Гулакян, В. В. Кюнтцель // Вопросы изучения оползневых процессов и факторов, их вызывающих. Тр. ВСЕГИНГЕО. – Вып. 29. – М., 1970. – С. 58–64.

81. Гулакян К. А. О распознавании типов оползневых процессов / К. А. Гулакян, В. В. Кюнтцель // Вопросы инженерной геологии: Докл. совет. ученых к Междунар. конгрессу Междунар. ассоциации инженер-геологов. – М., 1970. – С. 190–199.

82. Гунешян О. Г. Комплексная оценка инженерно-геологических свойств грунтов – как основа прогноза оползневых явлений (на примере оползневых склонов Черноморского побережья Кавказа в районе г. Сочи: автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук: 04.00.07 / ПНИИИС Госстроя СССР. – Москва, 1973. – 19 с.

83. Даль В. И. Толковый словарь живого великорусского языка / В. И. Даль. – Т. 2. – СПб.: Нева, 2004. – 560 с.

84. Дашко Р. Э. Научно-практическое обоснование изменения положения действующих ГОСТов по номенклатуре песчано-глинистых грунтов и методов изучения их состава, состояния и физико-механических свойств / Р. Э. Дашко // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. Вып. 12. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2010 г., г. Москва. – М.: РУДН, 2010. – С. 315–320.

85. Дашко Р. Э. Теория и практика инженерно-геологического анализа и оценки водонасыщенных глинистых пород как основания сооружений: автореф. дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук: 04.00.07 / Горный институт им. Г. В. Плеханова. – Ленинград, 1985. – 39 с.

86. Демин А. М. Оползни в карьерах: анализ и прогноз / А. М. Демин. – М.: ГЕОС, 2009. – 79 с.

87. Демьянович Н. И. Геологическая среда Большого Иркутска: принципы типизации для оценки и прогноза геоэкологических последствий освоения / Н. И. Демьянович // Сергеевские чтения. Инженерная

геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Вып. 6. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2004 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 364–368.

88. Деревенец Ф. Н. Взаимодействие оползневого грунта со сваями с учетом конфигурации удерживающего сооружения / Ф. Н. Деревенец // дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / КубГАУ. – Краснодар, 2006 – 259 с.

89. Дернер Д. Логика неудачи: стратегическое мышление в сложных ситуациях / Д. Дернер. – М.: Смысл, 1997. – 243 с.

90. Дзекцер Е. С. Геологическая опасность и риск (методологические исследования) / Е. С. Дзекцер // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 1992. – № 6. – С. 3–10.

91. Диагностика оползневых участков на автомобильных дорогах регионального значения в г. Сочи: Отчет // Государственный контракт № 516 от 27.08.07 г. – Краснодар: ООО «НТЦ ГеоПроект», 2007.

92. Дмитриев В. В. Классифицирование грунтов в инженерной геологии / В. В. Дмитриев, И. С. Комаров // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2005. – № 2. – С. 171–177.

93. Дмитриев В. В. Методы и качество лабораторного изучения грунтов: учебное пособие / В. В. Дмитриев, Л. Я. Ярг. – М.: КДУ, 2008. – 542 с.

94. Дмитриев В. В. Таксономические аспекты классификации грунтов / В. В. Дмитриев // Сергеевские чтения. Развитие научных 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. 181–186.

95. Добров Э. М. Исследование вопросов оценки и обеспечения устойчивости откосов в дорожном строительстве с учетом ползучести грунтов: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.10; 05.23.02 / Московский автомобильно-дорожный институт. – Москва, 1977. – 34 с.

96. Добров Э. М. Обеспечение устойчивости склонов и откосов в дорожном строительстве с учетом ползучести грунтов / Э. М. Добров. – М.: Транспорт, 1975. – 216 с.

97. Добромыслов А. Н. Анализ аварий промышленных зданий и инженерных сооружений / А. Н. Добромыслов // Промышленное строительство. – 1990. – № 9. – С. 9–10.

98. Добромыслов А. Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам: Справочное пособие / А. Н. Добромыслов. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 72 с.

99. Дубейковский С. Г. Техногенез и инженерно-геологические проблемы Урала / С. Г. Дубейковский, В. П. Семакин // Оценка и управление природными рисками: материалы Всерос. конф. «Риск – 2003». – М., 2003. – Т. 1. – С. 82–87.

100. Дубровин Н. И. Основные факторы образования и развития оползней на Черноморском побережье Кавказа / Н. И. Дубровин, В. И. Клименко // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. – Вып. 5. – Сочи, 1973. – С. 12–36.

101. Егоров Ю. К. О классификации глинистых грунтов по набуханию и усадке / Ю. К. Егоров // Сергеевские чтения. Развитие научных 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. 186–188.

102. Емельянова Е. П. Методическое руководство по стационарному изучению оползней / Е. П. Емельянова. – М.: Госгеолтехиздат, 1956. – 245 с.
103. Емельянова Е. П. О методах прогноза оползневых явлений / Е. П. Емельянова // Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – Вып. 16. – С. 61–79.
104. Емельянова Е. П. О режиме устойчивости склонов и особенностях стадий развития оползней разных типов / Е. П. Емельянова // Вопросы изучения оползневых процессов и факторов, их вызывающих: Тр. ВСЕГИНГЕО. – Вып. 29. – М., 1970. – С. 4–37.
105. Емельянова Е. П. Сравнительный метод оценки устойчивости склонов и прогноза оползней / Е. П. Емельянова. – М.: Недра, 1971. – 104 с.
106. Епишин В. К. Инженерно-геологические модели / В. К. Епишин // Инженерно-геологические модели: тр. – Т. XVI. – М., 1972. – С. 233–240.
107. Епишин В. К. Особенности взаимодействия геологической среды и инженерных сооружений / В. К. Епишин, В. Т. Трофимов // Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты / Под ред. акад. Е. М. Сергеева. – М.: Недра, 1985. – С. 32–36.
108. Ермолаев Н. Н. Надежность оснований сооружений / Н. Н. Ермолаев, В. В. Михеев. – Л.: Стройиздат, 1976. – 152 с.
109. Жаденова С. В. Учет рисков при строительстве платных автомобильных дорог / С. В. Жаденова // Повышение надежности и долговечности автомобильных дорог и искусственных сооружений: материалы Всеросс. науч.-практич. конф. – Краснодар: Изд-во Технического университета КубГТУ, 2000. – С. 76 – 78.
110. Жигалин А. Д. Природа сейсмичности московского региона / А. Д. Жигалин, А. В. Николаев, О. Г. Попова // Сергеевские чтения. Инже-

нерно-экологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика. Вып. 8. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23 марта 2006 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 214–218.

111. Жигалин А. Д. Чрезвычайные ситуации как отдаленные последствия локальных военных конфликтов / А. Д. Жигалин, А. В. Николаев // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы междунар. науч.-практич. конф. «ГЕОРИСК – 2012». – М., 2012. – Т. II. – С. 241–245.

112. Заиканов В. Г. Геоэкологические исследования для обоснования эффективного проектирования / В. Г. Заиканов, Т. Б. Минакова // Сергеевские чтения. Развитие научных 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. 546–550.

113. Защита горных дорог от опасных геологических процессов / В. Д. Казарновский, Б. Б. Каримов, Х. Я. Мурадов, З. И. Рогозина, Г. А. Федотов. – К.: Логос, 1998. – 252 с.

114. Зверев В. П. Массопотоки подземной гидросферы / В. П. Зверев. – М.: Наука, 1999. – 95 с.

115. Зеркаль О. В. Мониторинг – метод или направление в инженерно-геологических исследованиях / О. В. Зеркаль // Вопросы инженерной и экологической геологии: материалы годичного собрания «К 25-летию секции инженерной геологии МОИП», 23 января 2003 г., г. Москва / Под ред. В. Т. Трофимова и В. Н. Широкова. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С. 96–105.

116. Зиангиров Р. С. Еще раз о правильном понимании терминов «геотехника» и «инженерно-геотехнические изыскания» / Р. С. Зиангиров, А. Д. Потапов // Инженерные изыскания. – 2012. – № 9. – С. 14–16.

117. Золотарев Г. С. Общие положения инженерной защиты и ее обоснование / Г. С. Золотарев. – В кн. Формирование оползней, селей и лавин. Инженерная защита территорий / Под ред. Г. С. Золотарева, С. С. Григоряна, С. М. Мягкова. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 180 с., с. 147–151.

118. Золотарев Г. С. Основы методики инженерно-геологического изучения обвальных и оползневых склонов / Г. С. Золотарев // Вопросы инженерной геологии: Докл. совет. ученых к Междунар. конгрессу Междунар. ассоциации инженер-геологов. – М., 1970. – С. 141–159.

119. Иванов И. П. Оценка глинистых грунтов на оползневых склонах и откосах) / И. П. Иванов // Труды международной конференции «Геотехника. Оценка состояния оснований и сооружений». – СПб., – 2001. – Т. 1. – С. 140–147.

120. Ивануш И. В. Закономерности изменения свойств горных пород под влиянием процесса выветривания: на примере юрских аргиллитов г. Большой Сочи: дисс. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.08. – Краснодар, 2005. – 173 с.

121. Измайлов Я. А. Проблемы рационального освоения и прогноза изменений геологической среды Черноморского побережья Кавказа / Я. А. Измайлов, С. Е. Абрамов, Л. М. Гревцева // Проблемы гидрогеологического, инженерно-геологического и геоэкологического изучения морских побережий Северного Кавказа: материалы Всесоюз. науч.-техн. семинара, 6–9 декабря 1989 г., г. Сочи. – Сочи, 1990. – С. 73–75.

122. Инженерная защита газопровода Россия – Турция (участок км 320 – км 370). Оползневые массивы на участке км 360 – км 370. Ополз-

неопасный участок 29. Технический отчет по геолого-геофизическим изысканиям. – Краснодар: ДОО «Термнефтепроект», 2000.

123. Инженерная защита газопровода Россия – Турция и вдоль-трассовой автодороги (Участок км 307.8– км 370). Оползневые массивы на участке км 320 – км 370. Сводный технический отчет по инженерным изысканиям. – Краснодар: ДОО «Термнефтепроект», 2001.

124. Ишутина Е. Джордж Истмен – человек, остановивший мгновение. М., 2005. <http://www.zarplata.ru/a-id-6868.html>.

125. Каган А. А. Расчетные показатели физико-механических свойств грунтов / А. А. Каган. – Л.: Стройиздат, 1973. – 144 с.

126. Казарновский В. Д. Пути совершенствования оценки прочности грунтов в дорожном строительстве / В. Д. Казарновский // Вопросы инженерной геологии и механики грунтов в практике строительства. – Сб. науч. тр. – М.: МАДИ, 1988. – С. 4 – 11.

127. Казеев А. И. Оползневая опасность и риск в зарубежной теории и практике (по семинару “LARAM”, г. Равелло, Италия, 2008) / А. И. Казеев // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: материалы Междунар. науч.-практич. конф. «ГЕОРИСК-2009» – М.: РУДН, 2009. – С. 348–353.

128. Казеев А. И. Особенности компьютерного моделирования устойчивости оползневых склонов по программе AKNARK / А. И. Казеев, Б. К. Лапочкин, Г. П. Постоев // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Вып. 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2009 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 296–300.

129. Калинин Э. В. Решение инженерно-геологических задач расчетными методами / Э. В. Калинин, Л. Л. Панасьян // Сергеевские чтения.

Развитие научных 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. 398–402.

130. Карта распространения оползней на территории Европейской части СССР и Кавказа масштаба 1:2 500 000. (Объяснительная записка) / Составители: В. В. Кюнтцель, Н. С. Сергеева, Г. И. Тарасова. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. – 35 с.

131. Классификация работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них / Минтранс России. – М., 2008. – 24 с.

132. Клименко А. И. Количественная оценка влияния экспозиции склонов на оползневые процессы (на примере Передовых хребтов Грозненской нефтеносной области) / А. И. Клименко // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа: материалы к науч.-техн. Конф. 14–16 мая 1968 г. – Ставрополь, 1968. – С. 103–104.

133. Клименко А. И. Роль современных сейсмотектонических факторов в оползневом процессе (на примере Терско-Сунженской области) / А. И. Клименко // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. – Вып. 5. – Сочи, 1973. – С. 37–43.

134. Клименко В. И. Пути повышения эффективности противооползневых мероприятий на Черноморском побережье Кавказа / В. И. Клименко, Н. И. Дубровин // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. – Вып. 5. – Сочи, 1973. – С. 91–101.

135. Клячко М. А. Концепции приемлемого риска и сейсмические нормы / М. А. Клячко // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2004. – № 1. – С. 25–28.

136. Комплексный анализ устойчивости откосов на основе обратных и вероятностных расчетов / К. Ш. Шадунц, С. И. Маций, Е. В. Безуглова, С. И. Шиян // Сб. науч. тр. – Краснодар: КубГАУ, кафедра оснований и фундаментов, 2003. – С. 12–22.

137. Коробанова И. Г. Закономерности формирования физико-механических свойств терригенных глинистых отложений / И. Г. Коробанова // Вопросы инженерной геологии: докл. совет. ученых к Междунар. конгрессу междунар. Ассоциации инженер-геологов. – М., 1970. – С. 19–31.

138. Коробкина Н. С. Опыт оценки эффективности защитных мероприятий от опасных экзогенных геологических процессов при инженерно-геологическом картировании побережья г. Большой Сочи / Н. С. Коробкина, Ю. И. Кузьмин // Проблемы гидрогеологического, инженерно-геологического и геоэкологического изучения морских побережий Северного Кавказа: материалы Всесоюз. науч.-техн. семинара, 6–9 декабря 1989 г., г. Сочи. – Сочи, 1990. – С. 105–106.

139. Коробков В. А. Возможности строительной отрасли по защите от опасных техногенных воздействий / В. А. Коробков, В. В. Шрамко // Анализ и оценка природного и техногенного риска в строительстве. – Минстрой России. – М.: ПНИИИС, 1995. – С. 51 – 55.

140. Королев В. А. Мониторинг геологической среды: учебник / В. А. Королев; под ред. В. Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.

141. Королев В. А. Развитие представлений Е. М. Сергеева о геологической среде и ее роли в решении экологических проблем / В. А. Королев // Сергеевские чтения. Развитие научных 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. 412–418.

142. Котлов Ф. В. Антропогенные геологические процессы на территории города / Ф. В. Котлов. – М.: Наука, 1977. – 172 с.

143. Котлов В. Ф. Основные подходы к оценке уязвимости застройки / В. Ф. Котлов, Т. В. Богомолва // Город и геологические опасности: материалы Междунар. конф. 17–21 апреля 2006 г., г. Санкт-Петербург. – СПб., 2006. – Ч. I. – С. 267–275.

144. Крайнов С. Р. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения / С. Р. Крайнов, В. М. Швец. – М.: Недра, 1987. – 237 с.

145. Крестин Б. М. Активность оползневого и селевого процессов на территории Большого Сочи и ее изменения в начале XXI века / Б. М. Крестин, И. В. Мальнева // Сергеевские чтения. Развитие научных 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. 295–299.

146. Кригер Н. И. Инженерно-геологический анализ применения противооползневых мероприятий на Черноморском побережье Крыма и Кавказа / Под ред. Н. И. Кригера. М.: Стройиздат, 1976. – 232 с.

147. Кужель В. Н. Мониторинг в противооползневой защите / В. Н. Кужель, С. И. Маций // Для всех, кому дороги ДОРОГИ. – 2010–2011. – № 15. – С. 18–19.

148. Кузахметова Э. К. Глинистые грунты повышенной влажности в дорожном строительстве / Э. К. Кузахметова. – М., 2008. – 104 с. – Автомоб. дороги и мосты: Обзорн. информ./ФГУП «Информавтодор»; Вып.5.

149. Кузахметова Э. К. Инновационный подход к индивидуальному проектированию инженерных сооружений в сложных природных условиях на примере объектов Зимней Олимпиады в г. Сочи / Э. К. Кузахметова // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации земляного полотна железных дорог: тр. Шестой науч.-техн. конф. с междунар. участием, 11–12 ноября 2009 г., г. Москва. Чтения, посвящ. 105-летию проф. Г. М. Шахунянца. – М., 2009. – С. 158–160.

150. Куранов Н. П. Оценка риска аварий гидротехнических сооружений / Н. П. Куранов, Н. Н. Розанов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 5. – С. 24–28.

151. Курдяков В. С. Антропогенные оползни Михайловского, Пшадского и Джубгского перевалов на шоссе Новороссийск – Сухуми / В. С. Курдяков // Современные геологические процессы и строительство (Теория и методика изучения): тр. – Т. XVI. – М., 1972. – С. 226–232.

152. Кюнтцель В. В. Закономерности оползневого процесса на Европейской территории СССР / В. В. Кюнтцель. – М.: Недра, 1980. – 214 с.

153. Лапердин В. К. Закономерности развития экзогенных геологических процессов в зонах линейных природно-технических систем юга Восточной Сибири: автореф. дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.08 / Институт земной коры Сибирского отделения РАН. – Иркутск, 2003. – 46 с.

154. Лapidус Л. С. Укрепление откосов слабых насыпей сваями / Л. С. Лapidус, К. Ш. Шадунц // Вопросы геотехники: тр. ДИИТа. – Сб. 5. – Днепропетровск, 1962. – С. 48–55.

155. Лесных В. В. Катастрофические бонды как инструмент финансирования риска чрезвычайных ситуаций / В. В. Лесных, С. В. Стрелко, Т. Б. Тимофеева // Проблемы анализа риска. – 2004. – Том 1. – № 2. – С. 154–159.

156. Ломтадзе В. Д. Природа прочности и деформаций горных пород / В. Д. Ломтадзе // Вопросы инженерной геологии: докл. совет. ученых к Междунар. конгрессу междунар. Ассоциации инженер-геологов. – М., 1970. – С. 8–18.

157. Любарский Н. Н. Полуколичественная оценка риска оползневых склонов автомобильных дорог в Краснодарском крае / Н. Н. Любарский // Дисс. канд. техн. наук: 05.23.11 / КубГАУ. – Краснодар, 2011. – 147 с.

158. Мавлянова Н. Г. Анализ деформаций древних памятников архитектуры города Хивы / Н. Г. Мавлянова, В. А. Исмаилов, М. З. Закиров // Сергеевские чтения. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Вып. 6. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2004 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 394–398.

159. Макаров В. И. Закономерности новейшей тектонической структуры Сибирской платформы / В. И. Макаров, С. В. Григорьева // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2013. – № 2. – С. 99–114.

160. Малинецкий Г. Г. Размышления о немыслимом / Г. Г. Малинецкий // Структура глобальной катастрофы. Риски вымирания человечества в XXI веке. – М.: Изд-во ЛКИ, 2011. – С. 5–22.

161. Маслов Н. Н. Механика грунтов в практике строительства / Н. Н. Маслов. – М.: Стройиздат, 1977. – 320 с.

162. Маций С. И. 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.

163. Маций С. И. Инженерная защита автомобильной дороги в Туапсинском районе на км 56+680 в условиях чрезвычайной ситуации /

С. И. Маций, Д. В. Лейер, Е. В. Безуглова // Инженерные подходы к решению геотехнических задач: сб. науч. тр., посвящ. 80-летию К. Ш. Шадунца. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – С. 160–164.

164. Маций С. И. 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.

165. Маций С. И. Оползневая опасность и риск смещений грунтов на склонах / С. И. Маций, Е. В. Безуглова // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2007. – № 6. – С. 537–546.

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

167. Маций С. И. Противооползневая защита / С. И. Маций. – Краснодар: АлВи-дизайн, 2010. – 288 с.

168. Маций С. И. Управление оползневым риском / С. И. Маций, Е. В. Безуглова. – Краснодар: АлВи-дизайн, 2010. – 239 с.

169. Маций С. И. Устойчивость опор ВЛ на склонах в сейсмических районах / С. И. Маций, Е. В. Безуглова // Тез. докл. V Рос. нац. конф. по сейсмостойк. стр-ву и сейсмич. районированию с междунар. участием, 22–26 сентября 2003 г., г. Сочи. – М., 2003. – С. 173.

170. Маций С. И. Engineer Analysis of Slopes (EAS) / С. И. Маций, Ф. Н. Деревенец // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2006613559 от 13.10.2006 г. (заявка №2006612797 от 14.08.2006 г.).

171. Меркин В. Е. Управление геотехническими рисками в подземном строительстве / В. Е. Меркин, М. Г. Зерцалов, Д. С. Конюхов // Транспортное строительство. – 2013. – № 3. – С. 10–12.

172. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений, водохранилищ и накопителей промышленных отходов. – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2002. – 44 с.

173. Методические рекомендации по оценке рисков на железнодорожной инфраструктуре ОАО «РЖД» / ОАО «РЖД». – М., 2011. – 109 с.

174. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. В 2 томах. Том 1. Полевые методы / Под ред. Е. М. Сергеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 423 с.

175. Мироненко В. А. Проблемы гидрогеоэкологии. В 3-х т. – Т. 3 (кн. 1). Прикладные исследования / В. А. Мироненко, В. Г. Румынин. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2002. – 312 с.

176. Миронюк С. Г. Морские инженерные изыскания и оценка опасности субаквальных геологических процессов / С. Г. Миронюк // Инженерные изыскания. – 2014. – № 4. – С. 60–64.

177. Миронюк С. Г. Опыт комплексной оценки и крупномасштабного инженерно-геологического районирования северо-восточного шельфа Черного моря по геологической опасности для строительства линейных объектов / С. Г. Миронюк, В. В. Маркарьян, С. К. Шельтинг // Инженерные изыскания. – 2013. – № 13. – С. 46–57.

178. Михайлов В. В. Грунтовый массив – среда и основание инженерных сооружений / В. В. Михайлов, С. Н. Чернышев // Сергеевские чтения. Развитие научных 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. 189–193.

179. Моделирование вертикальной миграции радионуклидов в моренных отложениях / В. М. Швец, Л. Б. Прозоров, В. В. Мартьянов, А. В. Платонов, С. А. Корнева // Материалы Всерос. конф. по математическому моделированию в гидрогеологии 23–25 апреля 2008 г., г. Москва. – М., 2008. – С. 91–92.

180. Молодых И. И. Приоритеты новейшей истории формирования лессовых покровов (инженерно-геологический анализ) / И. И. Молодых // Сергеевские чтения. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Вып. 6. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2004 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 182–185.

181. Молодых Ив. И. Проблемы инженерно-геологических оценок предкризисных ситуаций / Ив. И. Молодых // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. Вып. 12. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2010 г., г. Москва. – М.: РУДН, 2010. – С. 460–464.

182. Молодых Ив. И. Система инженерно-геологической оценки предкризисных ситуаций на предпроектных стадиях/ Ив. И. Молодых // Сергеевские чтения. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. Вып. 14. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 22 марта 2012 г., г. Москва. – М.: РУДН, 2012. – С. 304–308.

183. Мониторинг оползневых зон ВЛ 110-220 кВ Сочинских электросетей. Отчет. – Краснодар: КубГАУ, 2002 г. – 150 с.

184. Мониторинг подпорных стен на площадках ВОХР тоннелей № 1 и № 2. Организация железнодорожного сообщения Сочи – Адлер – аэропорт «Сочи» со строительством новой ж. д. линии Адлер – аэропорт. Научное сопровождение. Мониторинг оползневых процессов. Расчеты устойчивости и конструкций. – ООО «СочиТисизПроект, 2011.

185. 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. Чтения, посвящ. памяти проф. Г. М. Шахунянца: сб. тр. VII науч.-техн. конф. с междунар. участием, 17 ноября 2010 г., г. Москва. – М., 2010. – С. 43–46.

186. Москаленко Н. Г. Геоэкологическое картографирование трасс газопроводов Западной Сибири / Н. Г. Москаленко // Сергеевские чтения. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Вып. 6. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2004 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 413–417.

187. Мягков С. М. Проблема отношения общества к риску / С. М. Мягков // Проблемы анализа риска. – 2004. – Том 1. – № 2. – С. 179–188.

188. Недря Г. Д. Об одном методе расчета давления на сооружения, обтекаемые оползневыми массами / Г. Д. Недря // Основания и фундаменты: Респ. сб. – Вып. 17. – К.: Будивельник, 1984. – С. 55–59.

189. Несмеянов С. А. Инженерно-геотектонические исследования в горно-приморских районах / С. А. Несмеянов, О. А. Воейкова // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий.

Вып. 12. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2010 г., г. Москва. – М.: РУДН, 2010. – С. 217–220.

190. Несмеянов С. А. Палеогеоэкология: постановка проблемы / С. А. Несмеянов // Сергеевские чтения. Инженерно-экологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика. Вып. 8. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23 марта 2006 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 319–323.

191. О безопасности гидротехнических сооружений / Федеральный закон № 117-ФЗ от 21.07.1997 г. М.: ГД ФС РФ, 1997 (по сост. на 18.12.2006 г.).

192. О принципах районирования и прогноза оползневых явлений в горно-складчатых районах (на примере Черноморского побережья Западного Кавказа) / Г. Б. Пальшин, А. Б. Островский, А. Е. Осипов, И. С. Коробкина // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. – Вып. 3. – Сочи, 1971. – С. 6–20.

193. О промышленной безопасности опасных производственных объектов / Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 г. М.: ГД ФС РФ, 1997 (по сост. на 18.12.2006 г.).

194. О результативности корректирующих и предупреждающих действий по снижению техногенного риска на опасных объектах / В. З. Минликаев, Б. А. Ерехинский, Р. Р. Халиков, В. А. Полозов // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 2. URL: www.btpnadzor.ru

195. О техническом регулировании / Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 г. М.: ГД ФС РФ, 2002.

196. Обеспечение экологической безопасности газопровода Россия – Турция / В. И. Осипов, Г. А. Ярыгин, Н. А. Айбулатов, А. С. Вик-

торов, В. М. Темкин // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2000. – № 2. – С. 101–106.

197. Оползни. Исследование и укрепление. Пер. с англ. / Под ред. Р. Шустера и Р. Кризека. – М.: Мир, 1981. – 368 с.

198. Орагвелидзе З. С. Определение силы сопротивления сваи боковому смещению грунтов / З. С. Орагвелидзе // Сообщение АН ГССР, 1981. – Т. 103. – № 2. – С. 385–388.

199. Осипов В. И. Мегалополисы под угрозой природных катастроф / В. И. Осипов // Вестник Российской Академии наук. – 1996. – Т. 66. – № 9. – С. 771–782.

200. Осипов В. И. Оценка и управление природными рисками (состояние проблемы) / В. И. Осипов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2007. – № 3. – С. 201–211.

201. Осипов В. И. Природные опасности: мониторинг и оповещение / В. И. Осипов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2013. – № 3. – С. 209–215.

202. Осипов В. И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России / В. И. Осипов // Экология и жизнь. – 2009. – № 11–12 (96–97). – С. 5–15.

203. Особенности регионального изучения динамики оползней на примере отдельных районов г. Б. Сочи (Пристендовый листок) / Составители Л. М. Гревцева, Л. Е. Гаврилова. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1980. – 3 с.

204. Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.2.006-2010. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог. – М.: РОСАВТОДОР, 2011. – 115 с.

205. Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.3.008-2011. Рекомендации мониторингу и обследованию подпорных

стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог. – М.: РОСАВТОДОР, 2011. – 42 с.

206. Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.2.033-2013. Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог. – М.: ФГУП Инфрмавтодор, 2013. – 82 с.

207. Отчет об инженерно-геологических изысканиях на оползневых участках по трассе газопровода высокого давления Адлер – Красная Поляна участок ПК309. – Сочи: ООО «Инжзащита», 2002.

208. Отчет по теме: «Инженерные изыскания на оползнеопасных участках для обоснования рабочего проекта инженерной защиты газопровода Россия – Турция (км 320 – км 330)». – Т. 5. Оползнеопасный участок № 7. – М.: ПНИИИС, 1999.

209. Оценка изменения геологической среды при реконструкции государственного академического Большого театра в Москве / В. М. Кутепов, Н. Г. Анисимова, Е. М. Грибов, О. Н. Еремина, И. А. Кожевникова, И. В. Козлякова, П. С. Микляев // Сергеевские чтения. Инженерно-экологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика. Вып. 8. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23 марта 2006 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 229–232.

210. Парабучев И. А. Мониторинг процессов взаимодействия гидротехнических сооружений с геологической средой//Инженерная геология. – 1992. – №2. – С.3–16.

211. Паспорта существующих подпорных стен на автомобильной дороге М-4 «Дон» от Москвы через Воронеж, Ростов-на-Дону, Краснодар до Новороссийска, км 1119+500 – км 1542+215. – Государственный

контракт № 14а/11 от 19 февраля 2011 г. – Краснодар: ООО «НТЦ ГеоПроект», 2011.

212. Пендин В. В. Основы концепции раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов / В. В. Пендин, В. О. Подборская // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2001. – № 4. – С. 341–348.

213. Перльштейн Г. З. К вопросу о тепловом расчете трубопроводов подземного заложения в криолитозоне / Г. З. Перльштейн, Г. С. Типенко // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. Вып. 12. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2010 г., г. Москва. – М.: РУДН, 2010. – С. 162–166.

214. Перльштейн Г. З. Численный прогноз температурногорезима грунтов в основании зданий при хозяйственном освоении Ямала / Г. З. Перльштейн, Г. С. Типенко, Д. О. Сергеев // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Вып. 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2009 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 213–217.

215. Петров Н. Ф. Оползневые системы. Сложные оползни (аспекты классификации) / Н. Ф. Петров. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 225 с.

216. Петров Н. Ф. Составление моделей склонов в строительных целях / Н. Ф. Петров, О. В. Никитина // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Вып. 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2009 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 305–309.

217. Петрова-Ясюнас Л. П. Основные положения методики сравнительной количественной оценки оползнеобразующих факторов и противоползневых мероприятий / Л. П. Петрова-Ясюнас // Современные геологические процессы и строительство (Теория и методика изучения): тр. – Т. XVI. – М., 1972. – С. 21–30.

218. Плешаков Д. В. Оценка оползневого риска линейных транспортных сооружений: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.11. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 148 с.

219. Подгорная Т. И. Специфика оценки геологической опасности и риска для размещения промышленных комплексов и транспортных систем на Дальнем Востоке / Т. И. Подгорная // Сергеевские чтения. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. Вып. 14. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 22 марта 2012 г., г. Москва. – М.: РУДН, 2012. – С. 308–314.

220. Положительное заключение государственной экспертизы № 364-08 / ГГЭ-0888/04 (№ в Реестре 00-1-5-1453-08). Объект капитального строительства. Автомобильная дорога Джубга – Сочи до границы с Республикой Грузия на участке обхода г. Сочи (Краснодарский край). Проектная документация, включая смету, и результаты инженерных изысканий. – 2008.

221. Пономарев А. А. «Сахалин-2». Второй этап: оценка и снижение риска / А. А. Пономарев, К. Г. Самаркин-Джарский // Инженерные изыскания. – 2008. – № 2 февраль. – С. 18–20.

222. Попов И. В. Значение научных идей акад. Ф. П. Саваренского в развитии учения об оползнях в СССР / И. В. Попов // Проблемы геомеханики. – 1971. – № 5. – С. 1–5.

223. Попов И. В. Инженерная геология / И. В. Попов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1959. – 510 с.

224. Попов И. В. Инженерная геология как раздел науки о ноосфере Земли / И. В. Попов // Вопросы инженерной геологии: докл. совет. ученых к Междунар. конгрессу междунар. Ассоциации инженер-геологов. – М., 1970. – С. 126–131.

225. Попов Ю. И. Анализ эффективности противооползневых мероприятий на Черноморском побережье Кавказа / Ю. И. Попов // Проблемы гидрогеологического, инженерно-геологического и геоэкологического изучения морских побережий Северного Кавказа: материалы Всесоюз. науч.-техн. семинара, 6–9 декабря 1989 г., г. Сочи. –Сочи, 1990. –С. 102–104.

226. Постоев Г. П. Моделирование оползнеопасного состояния грунтовых массивов склонов / Г. П. Постоев // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических задач. Вып. 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2009 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 319–324.

227. Постоев Г.П. О мониторинге для целей снижения риска чрезвычайной ситуации на объектах размещения магистральных трубопроводов на оползневых (оползнеопасных) склонах / Г.П. Постоев // Оценка и управление природными рисками: материалы Общерос. конф. «Риск – 2000». - М.: Анкил, 2000. - С. 429–432.

228. Постоев Г. П. Предельное состояние и деформации грунтов в массиве (оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований) / Г. П. Постоев. – М.; СПб.: Нестор-История, 2013. – 100 с.

229. Постоев Г. П. Прогнозирование и управление состоянием оползней на основе изучения их механики формирования и режима: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 04.00.07 / ВСЕГИНГЕО. – М., 1992. – 42 с.

230. Потапов А. Д. Песчаные грунты и физико-химическая теория эффективных напряжений / А. Д. Потапов, И. А. Потапов // Сергеевские чтения. Развитие научных 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. 97–102.

231. Пояснительная записка к карте оползневой пораженности к проекту «Строительство центральной автомагистрали г. Сочи «Дублер Курортного проспекта от км 172 федеральной автодороги М-27 Джубга – Сочи с реконструкцией участка автомобильной дороги от р. Бзугу до р. Сочи (вторая очередь)», Краснодарский край. – ГУП «Кубаньгеология». – Краснодар, 2009.

232. Природные опасности России. Оценка и управление природными рисками. Тематический том / под ред. А. Л. Рагозина. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2003. – 320 с.

233. Природные опасности России. Природные опасности и общество. Тематический том / под ред. В.А. Владимирова, Ю.Л. Воробьева, В.И. Осипова. М.: КРУК, 2002. 248 с.

234. Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности. Тематический том / Под ред. В. М. Кутепова, А. И. Шеко. – М.: КРУК, 2002. – 348 с.

235. Проблемы получения и использования актуальной информации о развитии геологических процессов при мониторинге трасс линейных объектов большой протяженности / А. Н. Хименков, Ю. В. Халилов,

Д. О. Сергеев, Г. З. Перльштейн, А. Н. Угаров // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2013. – № 3. – С. 264–271.

236. Прогноз изменения геологической среды Черноморского побережья СССР под влиянием природных и техногенных факторов / А. И. Шеко, В. С. Круподеров, И. В. Мальнева, В. И. Дьяконова, Ю. С. Круподеров // Проблемы гидрогеологического, инженерно-геологического и геоэкологического изучения морских побережий Северного Кавказа: материалы Всесоюз. науч.-техн. семинара, 6–9 декабря 1989 г., г. Сочи. – Сочи, 1990. – С. 70–72.

237. Прокладка магистральных нефтепроводов в оползнеопасных районах / А. И. Жирова, Б. В. Забулдин, С. И. Маций, К. Ш. Шадунц // Трубопроводный транспорт нефти. – 1996. – № 11. – С. 11–13.

238. Промежуточный отчет по инженерным изысканиям на объекте: «Автомобильная дорога Джубга – Сочи на участке обхода г. Сочи ПК134 – ПК194. Тоннель № 6, мост через р. Сочи. Оползнеопасный участок, Южный портал». – Краснодар: ЗАО «НИПИ «ИнжГео», 2006 (2013-5-ИИ-6).

239. Противооползневые мероприятия на км 24+700 – км 25+300 автодороги Андреева Гора – Варениковская – Анапа, в Анапском районе (2 этап). – Т. 1. Пояснительная записка. – 369-АД-ПМ. – Краснодар: КГАУ, 2004.

240. Р 50.1.068-2009. Менеджмент риска. Рекомендации по внедрению. Часть 1. Определение области применения. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2009.

241. Р 50.1.069-2009. Менеджмент риска. Рекомендации по внедрению. Часть 2. Определение процесса менеджмента риска. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2009.

242. Р 50.1.070-2009. Менеджмент риска. Рекомендации по внедрению. Часть 3. Обмен информацией и консультации». – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2009.

243. Рагозин А. Л. Десятилетие анализа природных рисков в России: прошлое, настоящее и будущее / А. Л. Рагозин // Оценка и управление природными рисками: мат. Общерос. конф. «Риск – 2000». – М.: Анкил, 2000. – С. 206–210.

244. Рагозин А. Л. Общие положения оценки и управления природными рисками / А. Л. Рагозин // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 1999. – № 5. – С. 417–429.

245. Рагозин А. Л. Первые результаты анализа динамики крупнейших природных катастроф на территории России / А. Л. Рагозин, А. В. Уварова, С. А. Чумаченко // Сергеевские чтения. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Вып. 6. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2004 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 185–190.

246. Рагозин А. Л. Современное состояние и перспективы оценки и управления природными рисками в строительстве / А. Л. Рагозин // Анализ и оценка природного и техногенного риска в строительстве. – М.: ПНИИИС, 1995. – С. 9–25.

247. Рагозин А. Л. Теория и практика оценки геологических рисков: Дисс. в виде науч. доклада на соискание ученой степени д-ра геол.-минерал. наук: 04.00.07 / ПНИИИС. – М., 1997. – 62 с.

248. Расчеты устойчивости на объекте: «Автомобильная дорога Джубга – Сочи на участке обхода г. Сочи ПК 134 – ПК 194. Тоннель № 6, мост через р. Сочи». Оползневые процессы, южный портал. – Краснодар: ООО «ГеоПроект», 2008.

249. Рац М. В. Структурные модели в инженерной геологии / М. В. Рац. – М.: Недра, 1973. – с.

250. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов / Постановление Госгортехнадзора РФ № 30 от 10.07.2001. – М.: Госгортехнадзор РФ, 2001.

251. 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.

252. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям на оползневых склонах Северного Кавказа с целью их хозяйственного освоения / ПНИИИС. – М.: Стройиздат, 1983. – 68 с.

253. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов / ПНИИИС Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984. – 80 с.

254. Рекомендации по оценке геологического риска на территории г. Москвы. – М.: Изд-во ГУП НИАЦ Москомархитектуры, 2002. – 49 с.

255. Рекомендации по оценке инженерно-геологических и гидро-геологических условий территорий г. Москвы, планируемых к застройке, на основе карт природно-техногенных опасностей. – М.: Изд-во ГУП НИАЦ Москомархитектуры, 2002. – 38 с.

256. Рзаева М. К. Инженерно-геологический анализ применения противооползневых мероприятий в районе Восточно-Ливадийского оползня на Южном берегу Крыма / М. К. Рзаева // Инженерно-геологический анализ применения противооползневых мероприятий

в районе Восточно-Ливадийского оползня на Южном берегу Крыма: тр. – Т. XVI. – М., 1972. – С. 31–41.

257. Рзаева М. К. О требованиях к изысканиям, проводимым для оценки устойчивости оползневых склонов / М. К. Рзаева, И. О. Тихвинский // Проблемы грунтоведения и инженерной геодинамики: тр. – Т. VII. – М., 1971. – С. 210–219.

258. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 1: Воздействия на сооружения. Разделы EN 1991-1-1 и с 1991-1-3 по 1991-1-7 / Пер. с англ. – 2-е изд. // Х. Гульванесян, П. Формичи, Ж.-А. Калгаро, при участии Дж. Хардинга (часть 7). – М.: МГСУ, 2012. – 344 с.

259. Руководство по структуре и организации службы эксплуатации искусственных сооружений на автомобильных дорогах. – М., 1994.

260. Руководство пользователя Plaxis. Общий курс / компания PLAXIS B.V., пер. компания «НИП-Информатика». – Санкт-Петербург, 2009.

261. Румынин В. Г. Геомиграционные модели в гидрогеологии / В. Г. Румынин. – СПб.: Наука, 2011. – 1150 с.

262. Рыхтикова Н. А. Анализ и управление рисками организации: Учебное пособие. / Н. А. Рыхтикова. – М.: Форум, 2009. – 240 с.

263. Саваренский Ф. П. Инженерная геология. 2-е изд. / Ф. П. Саваренский – М.: ГОНТИ, 1939. – 489 с.

264. Саfoxина И. А. Об оценке инженерно-геологических свойств глинистых грунтов лабораторными методами / И. А. Саfoxина, В. Ф. Чепик // Проблемы грунтоведения и инженерной геодинамики: тр. – Т. VII. – М., 1971. – С. 57–67.

265. Свалова В. Б. Механико-математическое моделирование гравитационного движения масс по оползневому склону / В. Б. Свалова // Сергеевские чтения. Моделирование при решении геоэкологических

задач. Вып. 11. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2009 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2009. – С. 324–327.

266. Семенов С. М. Выявление климатогенных изменений / С. М. Семенов, В. В. Ясюкевич, Е. С. Гельвер. – М., 2006. – 324 с.

267. Семенов С. М. Гидрогеологические прогнозы в системе мониторинга подземных вод / С. М. Семенов. – М.: Наука, 2005. – 131 с.

268. Сергеев Е. М. Инженерная геология – наука о геологической среде / Е. М. Сергеев // Инженерная геология. – 1979. – № 1. – С. 3–19.

269. Сергеев Е. М. Инженерная геология: учебник / Е. М. Сергеев. – 2-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 248 с.

270. Скемптон А. У. Длительная устойчивость глинистых склонов / А. У. Скемптон // Проблемы геомеханики. – Ереван, 1967. – С. 111–150.

271. Соколов А. Д. Армогрунтовые системы автодорожных мостов / А. Д. Соколов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2014. – № 3. – С. 9–12.

272. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

273. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений.

274. СП 47.13330.2010. Инженерные изыскания для строительства.

275. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения.

276. Спаси и сохрани. Свидетельства очевидцев о милости и помощи Божией России в Великую Отечественную войну / Автор-составитель Фарберов А. И. – М.: Ковчег, – 2010. – 384 с.

277. Статистическое описание оползневых склонов Терского хребта / А. И. Иванов, А. А. Махорин, Н. И. Смольников, М. А. Харькина

// Материалы Всероссийской конференции «Риск – 1997». – М., 1997. – С. 41–42.

278. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром».

279. Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы / Под ред. Е. М. Сергеева. – М.: Недра, 1985. – 332 с.

280. Тер-Степанян Г. И. Анализ оползневых деформаций зданий и инженерных сооружений / Г. И. Тер-Степанян, А. Е. Тер-Степанян // Вопросы инженерной геологии: Докл. совет. ученых к Междунар. конгрессу Междунар. ассоциации инженер-геологов. – М., 1970. – С. 214–222.

281. Тер-Степанян И. Г. Прогноз оползней в пространстве и времени / И. Г. Тер-Степанян // Современные методы прогноза оползневого процесса. – М.: Наука, 1981. – С. 18–24.

282. Технический отчет по инженерным изысканиям на объекте: «Газопровод Россия – Турция (Морской вариант). Участок по территории РФ. Участок 307.6–370 км». – Краснодар: ДОО «Термнефтепроект», 1999.

283. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте: «Инженерно-геологические изыскания по трассе газопровода «Россия – Турция» (км 340 – км 350). Оползнеопасный участок № 19 а». – Книга 1. – Ставрополь, 1999.

284. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте «Организация железнодорожного сообщения Сочи – Адлер – аэропорт «Сочи» со строительством новой железнодорожной линии Адлер – Аэропорт. Противооползневые мероприятия / Арх. № ИИ-2474. – ООО «СочиТисизПроект, 2009.

285. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте «Строительство, реконструкция подпорных стенок на автомо-

бильной дороге А-147 на участке Обход г. Сочи км 3+225 – км 3+900» / Арх. № 2387суб/ИПС-32-11-ИИ.2. Том 10.3 – Краснодар: ООО «ИнжПроектСтрой», 2011.

286. Технический отчет по инженерным изысканиям площадки под строительство (Дополнительные изыскания). – Т. 2. Компрессорная станция «Краснодарская». Площадка установки подготовки газа к транспорту. Арх. № 6490.5.11.93. – СПб., 2001.

287. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений / Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 г.

288. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности / Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г.

289. Тимофеева Л. М. Анализ методов расчета устойчивости оползневых склонов / Л. М. Тимофеева, М. Р. Тимофеев // Сергеевские чтения. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Вып. 6. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2005 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 199–203.

290. Тихвинский И. О. Количественная оценка и прогноз устойчивости склонов с учетом механизма оползней на равнинных и предгорных территориях / И. О. Тихвинский // Дисс. ...д-ра геол.-минерал. наук / 04.00.07. – М.: НПО «Стройизыскания» ПНИИИС, 1988. – 354 с.

291. Тихвинский И. О. Оценка оползневого риска на региональном и локальном уровнях / И. О. Тихвинский // Оценка и управление природными рисками. Материалы Общероссийской конференции «Риск – 2000». – М.: Анкил, 2000. – С. 242–246.

292. Ткачук Э. И. Статистические методы при решении инженерно-геологических задач / Э. И. Ткачук. – Новочеркасск: Новочеркасский политехнический институт, 1975. – 100 с.

293. Трбоевич В. М. Критерии риска в странах ЕС / В. М. Трбоевич // Проблемы анализа риска. – 2004. – Том 1. – № 2. – С. 106–115.

294. Трофимов В. Т. Геологическая среда как ноосферная категория / В. Т. Трофимов, В. А. Королев // Вестник МГСУ. – 2013. – № 11. – С. 188–193.

295. Трофимов В. Т. О мониторинге геологических, литотехнических и эколого-геологических систем // Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем: Труды Междунар. конф., 24-25 мая 2007 г., г. Москва, геологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – С. 7–13.

296. Трофимов В. Т. Эколого-геологические системы и новая структура экосистемы / В. Т. Трофимов // Геология, география и глобальная энергия. – 2010. – № 1 (36). – С. 6–26.

297. Тулинов Р. Г. Исследование основных факторов, определяющих сопротивление сдвигу крупнообломочных пород: Дис. канд. геол.-минерал. наук / МГУ. – М., 1970. – 206 с.

298. Тумбольцев В. М. Влияние вибраций, возникающих от действия подвижной нагрузки, на изменение прочностных характеристик связных грунтов / В. М. Тумбольцев, А. Н. Шанин // Устойчивость балластного слоя и основной площадки земляного полотна: Вопросы геотехники. – Днепропетровск, 1969. – Сб. № 15. – С. 40–49.

299. Туровская А. Я. Экспериментальное исследование процесса формирования профиля предельного уположения оползневого склона и влияния отдыха на прочность грунта в зоне смещения / А. Я. Туровская,

А. В. Костыгова // Вопросы геотехники. – Днепропетровск, 1972. – № 21. – С. 107–120.

300. Условия формирования подводных оползней в отложениях бровки континентального склона Черного моря в районе поселка Архиповка / В. Ю. Ионов, Э. В. Калинин, И. К. Фоменко, С. Г. Миронюк // Инженерная геология. – 2012. – № 5. – С. 36–46.

301. Федодеев В. И. Физико-химическая механика грунтов и прогнозирование оползней / В. И. Федодеев // Сергеевские чтения. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий. Вып. 14. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 22 марта 2012 г., г. Москва. – М.: РУДН, 2012. – С. 223–229.

302. Федоренко В. С. Основные положения методики комплексных исследований для обоснования генеральных схем инженерной защиты / В. С. Федоренко, Е. С. Трошкина. – В кн. Формирование оползней, селей и лавин. Инженерная защита территорий / Под ред. Г. С. Золотарева, С. С. Григоряна, С. М. Мягкова. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 180 с., с. 162–173.

303. Федоренко В. С. Типы склонов и основные особенности их формирования / В. С. Федоренко. – В кн. Формирование оползней, селей и лавин. Инженерная защита территорий / Под ред. Г. С. Золотарева, С. С. Григоряна, С. М. Мягкова. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 180 с., с. 17–21.

304. Федоровский В. Г. Предельное давление на ряд ленточных штампов и эффект «непродавливания» / В. Г. Федоровский // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2006. – № 3. – С. 9–13.

305. Федотов Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн. 2: Учебник / Г. А. Федотов, П. И. Поспелов. – М.: Высш. шк., 2010. – 519 с.

306. Финагенов О. М., Шульман С. Г. Проблемы оценки надежности грунтовых гидротехнических сооружений. // Геотехника. Оценка состояния оснований и сооружений. Труды Международной конференции. – СПб., 2001. – Т.1. – С. 402–409.

307. Фоменко И. К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности: автореф. дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.08 / МГРИ-РГГРУ. – М., 2014. – 40 с.

308. Форд Г. Моя жизнь, мои достижения / Г. Форд. – Минск: Попурри, 2010. – 352 с.

309. Формирование опасных геологических процессов на северном склоне хребта Аибга / О. А. Вадачкория, О. А. Воейкова, А. А. Мурый, С. А. Несмеянов // Сергеевские чтения. Развитие научных 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. 235–239.

310. Хомяков В. А. Исследование прочности и устойчивости грунтовых массивов: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.23.02 / Казахская головная архитектурно-строительная академия. – Алматы, 2010. – 34 с.

311. Хохлявин С. А. Менеджмент риска в рабочем проекте стандарта ISO 31000 / С. А. Хохлявин // Мир стандартов. – 2007. – № 1 (12). – С. 40–48.

312. Хрусталев Л. Выбор оптимальных решений по прокладке магистральных нефтепроводов в криолитозоне / Л. Хрусталев, М. Чербунина // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2012. – № 4. – С. 36–40.

313. Царев П. В. Основные инженерно-геологические особенности оползней Северного Кавказа и методы их изучения / П. В. Царев //

Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа: материалы к науч.-техн. конф. – Ставрополь, 1968. – С. 89–92.

314. Цернант А. А. Научное сопровождение объектов как условие обеспечения комплексной безопасности строительства / А. А. Цернант // Транспортное строительство. – 2009. – № 3. – С. 2–5.

315. Цернант А. А. Экосистемный подход к управлению качеством природно-технических систем / А. А. Цернант // Актуальные проблемы оптимизации конструкций. – Суздаль – Владимир: 2-я Всесоюзная школа–семинар, 1990. – С. 42–44.

316. Чернышев С. Н. Экология культуры – часть учения о ноосфере, идейное обоснование воссоздания зданий и сооружений / С. Н. Чернышев // Вестник МГСУ. – 2013. – № 12. – С. 123–128.

317. Чибизов Г. А. Содержание земляного полотна / Г. А. Чибизов. – М.: Изд-во Транспорт, 1964. – 259 с.

318. Чура Н. Н. Техногенный риск: учебное пособие / Н. Н. Чура; под ред. В. А. Девисилова. – М.: КНОРУС, 2011. – 280 с.

319. Шадунц К. Ш. Анализ риска возникновения оползней на основе вероятностных расчетов / К. Ш. Шадунц, С. И. Маций, Е. В. Безуглова // Проектирование, стр-во и техн. эксплуатация зданий и сооружений: сб. науч. тр. / КубГАУ. – Краснодар, 2002. – С. 166–178.

320. Шадунц К. Ш. 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, посвящ. 300-летию Санкт-Петербурга, 17–19 сентября 2003 г., г. Санкт-Петербург. – СПб. – М.: АСВ, 2003. – С. 241–246.

321. Шадунц К. Ш. Защита опор ВЛ от оползней / К. Ш. Шадунц, С. И. Маций // Энергетическое строительство. – 1991. – № 10. – С. 39–40.

322. Шадунц К. Ш. Исследование на моделях работы сооружений, обтекаемых оползневыми массами / К. Ш. Шадунц, С. И. Маций // КСХИ. – Краснодар, 1990. – 13 с. – Деп. в ВИНТИ 25.02.91, № 879–В91.

323. Шадунц К. Ш. Исследование реологических свойств грунтов оснований и оползнеопасных склонов / К. Ш. Шадунц, С. И. Маций // Воплощение и развитие научных идей Н. Н. Маслова в практике строительства. – Сб. науч. тр. – М., 1998. – С. 203–211.

324. Шадунц К. Ш. К расчету контрфорсных сооружений / К. Ш. Шадунц // Вопросы геотехники. – 1962. – Сб. 5. Оползни и противооползневые сооружения. Механические свойства грунтов. – С. 24–42.

325. Шадунц К. Ш. Оползневые процессы в горной части Краснодарского края / К. Ш. Шадунц, Э. Б. Зоз // Проблемы инженерной геологии Северного Кавказа. – Вып. 2. – Ставрополь, 1969. – С. 67–72.

326. Шадунц К. Ш. Оползни-потоки / К.Ш. Шадунц. – М.: Недра, 1983. – 120 с.

327. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь / Г. М. Шахунянц. – М.: Транспорт, 1969. – 615 с.

328. Шахунянц Г. М. Принципы проектирования мероприятий по стабилизации земляного полотна / Г. М. Шахунянц // Борьба с оползнями, обвалами и размывами на железных дорогах Кавказа: Тр. совещания. – Днепропетровск: ДИИТ, 1961. – С. 5–14.

329. Шахунянц Г. М. Цикличность оползневых процессов и мероприятия по обеспечению длительной устойчивости оползневых склонов / Г. М. Шахунянц // Вопросы инженерной геологии: Докл. совет. ученых к Междунар. конгрессу Междунар. ассоциации инженер-геологов. – М., 1970. – С. 160–168.

330. Шеко А. И. Организация и ведение литомониторинга прибрежно-морских зон Северного Кавказа / А. И. Шеко // Проблемы гидро-

геологического, инженерно-геологического и геоэкологического изучения морских побережий Северного Кавказа: материалы Всесоюзного науч.-техн. семинара 6–9 декабря 1989 г., г. Сочи. – Сочи, 1990. – С. 6–13.

331. Шеко А. И. Оценка риска экзогенных геологических процессов с учетом техногенных факторов / А. И. Шеко // Оценка и управление природными рисками: материалы Всерос. конф. «Риск – 2003». – М., 2003. – Т. 1. – С. 355 – 360.

332. Шеко А. И. Проблемы опасности и риска от экзогенных геологических процессов / А.И. Шеко // Оценка и управление природными рисками: материалы Общерос. конф. «Риск – 2000». – М.: Анкил, 2000. – С. 211–213.

333. Шешеня Н. Л. Изменение свойств грунтов оснований эксплуатируемых зданий и сооружений / Н. Л. Шешеня // Тр. Междунар. конф. «Геотехника. Оценка состояния оснований и сооружений». – СПб., 2001. – Т. 1. – С. 257–262.

334. Шешеня Н. Л. Инженерно-геологические процессы и инженерная защита морских побережий России / Н. Л. Шешеня // Сергеевские чтения. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития. Вып. 6. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 23–24 марта 2004 г., г. Москва. – М.: ГЕОС, 2004. – С. 219–223.

335. Шешеня Н. Л. Методы прогноза инженерно-геологических опасностей / Н. Л. Шешеня // Оценка и управление природными рисками: материалы Всерос. конф. «Риск – 2003». – М., 2003. – Т. 1. – С. 27–31.

336. Шешеня Л. Н. Основные требования к инженерно-геологическим изысканиям для обоснования мероприятий инженерной защиты от опасных проявлений оползней / Л. Н. Шешеня // Вестник

Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. – 2008. – Вып. 10 (29). – С. 31–36

337. Шукле Л. Реологические проблемы механики грунтов / Л. Шукле. – М.: Стройиздат, 1976. – 486 с.

338. Щеглов А. П. Концепция мониторинга оползневых процессов в зоне магистральных трубопроводов нефти и газа на Северо-Западном Кавказе / А. П. Щеглов // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2004. – № 2. – С. 37–40.

339. Ясюнас Л. П. Вопросы борьбы с оползнями на железных дорогах / Л. П. Ясюнас. – М.: Трансжелдориздат, 1949. – 160 с.

340. Adashi T. Analysis on the preventive mechanism of landslide stabilizing piles / T. Adashi, M. Kimura, S. Tada // Numerical Models in Geomechanics: proc. 3th Int. symp. – Niagara Falls, 8-11 May, 1988. – London; New York, 1989. – P. 691–698.

341. Alonso E. E. Risk analysis of slopes and its application to slopes in Canadian sensitive clays / E. E. Alonso // Geotechnique. – 1976. – № 26. – P. 453–472.

342. AS/NZS 4360:1999 (1999). Risk Management, Australian/New Zealand Standard, Standards Australia, Standards New Zealand.

343. AS/NZS 4360:2004 (2004). Risk Management, Australian/New Zealand Standard, Standards Australia, Standards New Zealand.

344. Bromhead E. N. The stability of slopes / E. N. Bromhead. – London and New York: Taylor & Francis, 2005. – 411 p.

345. CAN/CSA-Q850-97. Risk management: Guideline for decision makers.

346. Cavounidis S. On the ratio of factors of safety in slope stability analyses / S. Cavounidis // Geotechnique. – 1987. – 37 (2). – P. 207–210.

347. Chowdhury R. Geotechnical slope analysis / R. Chowdhury, P. Flentje, G. Bhattacharya. – UK, London: Taylor & Francis Group, 2010. – 737 p.
348. Chowdhury R. Role of slope reliability analysis in landslide risk management / R. Chowdhury, P. Flentje. – Bull. Eng. Geol. Env. (2003) 62. – P. 41 – 46.
349. Christian J. T. Reliability applied to slope stability analysis / J. T. Christian, C. C. Ladd, G. B. Baecher. – Journal of Geotechnical Engineering, 1994. – Vol. 120. – № 12. – P. 2180–2207.
350. Duncan J. Michael. Discussion of “Probabilistic slope stability analysis for practice” / Michael Duncan J., Michael Navin, Thomas F. Wolff // Can. Geotech. J. – 2003. – Vol. 40. – P. 848–850.
351. Einstein Herbert H. Risk assessment and uncertainties / Herbert H. Einstein, Karam Karim S. // International conference on «Landslides – Causes, Impacts and Countermeasures». – Davos, Switzerland, 2001. – P. 457–488.
352. El-Ramly H. Probabilistic slope stability analysis for practice / H. El-Ramly, N. R. Morgenstern, D. M. Cruden // Can. Geotech. J. – № 39. – 2002. – Pp. 665–683.
353. Fell R. A framework for assessing the probability of sliding of cut slopes in landslides / R. Fell, P. Finlay, G. Mostyn. – Rotterdam, Holland, 1996. – 97 p.
354. Fredlund D. G. Comparison of slope stability methods of analysis / D. G. Fredlund и J. Krahn // Canadian Geotechnical Journal. – 1977. – Vol. 14. – № 3. – P. 429–439.
355. Geo-Slope International Ltd. 1996. Slope/W for slope stability analysis, user`s guide, version 3. Geo-Slope International Ltd., Calgary, Alta.

356. IEC 60300-3-9:1995. Dependability Management. Part 3: Application guide. Section 9. Risk analysis of technological systems. Geneva, Switzerland: IEC, 1995.

357. ISO/IEC Guide 66:1999. General requirements for bodies operating assessment and certification of environmental management systems. Geneva, Switzerland: CASCO ISO, 1999.

358. ISO/IEC Guide 73:2002. Risk management: Vocabulary. Guidelines for use in standards. ISO, IEC, 2002.

359. Ito T. Design method for stabilizing piles against landslide – one row of piles / T. Ito, T. Matsui, W. P. Hong // *Soils and Foundations*. – 1981. – Vol. 21. – No. 1. – P. 21–37.

360. Ito T. Extended design method for multi-row stabilizing piles against landslide / T. Ito, T. Matsui, W. P. Hong // *Soils and Foundations*. – 1982. – Vol. 22. – № 1. – P. 1–13.

361. Janbu N. Slope stability computations / N. Janbu // *Embankment-dam Engineering*. – 1973. – Casagrande Vol. – R. C. Hirschfeld & S. J. Poulos (eds.). – John Wiley & Sons. – P. 47–86.

362. JIS Q 2001:2001. Guidelines for development and implementation of risk management system.

363. Landslide risk management: concepts and guidelines // *Australian Geomechanics Journal*. Australian Geomechanics Society (AGS), 2000. – V. 35. – № 1. – P. 49–92.

364. Li K. S. Probabilistic design of slopes / K. S. Li, P. Lumb // *Canadian Geotechnical Journal*. – 1987. – № 24. – P. 520–535.

365. Malkawi Husein A. I. An efficient search method for finding the critical circular slip surface using the Monte Carlo technique / A. I. Husein Malkawi, W. F. Hassan, S. K. Sarma // *Can. Geotech. J.*, 2001. – № 38: 1081–1089.

366. Matsiy S. I. Landslides on the roads to Sochi / S. I. Matsiy, E. V. 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.

367. Morgenstern N. The analysis of the stability of general slip surfaces / N. Morgenstern, V. E. Price // Geotechnique, 1965. – Vol. 15. – No. 1. – P. 79–93.

368. Norrman Jenny. Decision analysis under risk and uncertainty at contaminated sites. A literature review / Jenny Norrman. – Swedish Geotechnical Institute Varia 501. – Linköping, 2001. – 76 p.

369. Practice note guidelines for landslide risk management // Australian Geomechanics Journal. Australian Geomechanics Society (AGS), 2007. – V. 42. – № 1. – P. 63–114.

370. Randolph M. F. The limiting pressure on a circular pile loaded laterally in cohesive soil / M. F. Randolph, G. T. Houlsby // Geotechnique. – 1984. – 34. – № 4. – P. 613–623.

371. Reply to the discussion by J. M. Duncan, M. Navin and T. F. Wolff on “Probabilistic slope stability analysis for practice” // Can. Geotech. J. – 2003. – Vol. 40. – P. 851–855.

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

373. Study report No. 83 (1999). Quantitative assessment methods for determining slope stability risk in the building industry. – Riddolls & Grocott ltd. – Branz, 1999. – 39 p.

374. Terzaghi K. Mechanism of landslides / K. Terzaghi // Applications of Geology to Engineering Practice. – New York: Geological Society of America, 1950. – P. 83–123.

375. Varnes D. J. Slope Movement Types and Processes / D. J. Varnes // Chapter 2, Landslides: Analysis and Control, Special Report 176, Transportation Research Board, National Academy of Sciences. Washington, D. C.–234 p.

376. Vavrowsky Georg. Risk management by the client in the life cycle of a project; focus on geotechnical risk management in the design and construction stage / Georg Vavrowsky, Rudolf Pottler // Int. conf. on Probabilistics in geotechnics / Technical and economic risk estimation. – Graz, Austria, 15–19 September 2002. – P. 167–177.

377. Yamagami T. et al. A simplified estimation of the stabilizing effect of piles in landslide slope – applying the Janbu Method / T. Yamagami et al. // Landslides, Bell (ed.) Rotterdam, Balkema. – 1991. – P. 613–618.

ПРИЛОЖЕНИЕ

АКТЫ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

АКТ
о внедрении результатов
докторской диссертационной работы
Безугловой Екатерины Вячеславовны

Комиссия в составе: Ученый секретарь ЗАО «НИПИ «ИнжГео»
Профессор, д.т.н. М. А. Берлин
Главный инженер ЗАО «НИПИ «ИнжГео»
И. А. Коляда

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы на тему: «Оценка и управление оползневым риском транспортных природно-технических систем Черноморского побережья Кавказа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, использованы при разработке рабочего проекта инженерной защиты резервуаров от оползневых процессов: «Техническая ликвидация и демонтаж резервуаров ЖБР 10000 № 1-8, 25-28 нефтебазы «Грушовая» по программе замены резервуаров ЖБР на РВС».

Запроектированные сооружения отличаются от общепринятых большей надежностью при меньшей стоимости СМР.

Ученый секретарь ЗАО «НИПИ «ИнжГео»

Профессор, д.т.н.



М. А. Берлин

Главный инженер

ЗАО НИПИ «ИнжГео»



И. А. Коляда



ФЕДЕРАЛЬНОЕ КАЗЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
«УПРАВЛЕНИЕ ФЕДЕРАЛЬНЫХ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
«ЧЕРНОМОРЬЕ»
ФЕДЕРАЛЬНОГО ДОРОЖНОГО АГЕНТСТВА»
(ФКУ Упрдор «Черноморье»)

Юридический адрес: 354002, г. Сочи,
ул. Черноморская, д. 1
Почтовый (фактический) адрес: 354003,
г. Сочи, ул. Труда, д. 55
Приемная (862)268-60-20, канцелярия тел: 268-67-59
факс: 268-60-42, ИНН 2320100329
e-mail: info@sochi-dor.ru, http://www.sochi-dor.ru
13.11.14 № 6376/14
На № _____ от _____

Директору ООО «НТЦ ГеоПроект»

С.И. Маций

АКТ

о внедрении результатов
докторской диссертационной работы
Безугловой Екатерины Вячеславовны

Комиссия в составе:

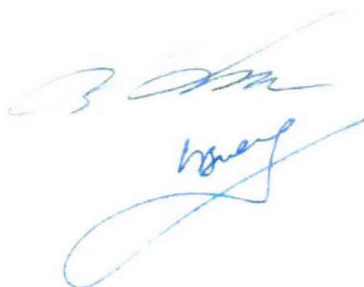
Заместителя начальника
ФКУ Упрдор «Черноморье»
С.В. Щербака

Главного инженера
В. Г. Пивовара

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы, представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, использованы при проведении экспертизы проектов инженерной защиты автомобильной дороги Джубга – Сочи до границы с республикой Грузия (на Тбилиси – Баку) на участке обхода г. Сочи ПК0 – ПК194 (пусковой комплекс № 2 ПК45 – ПК82 и пусковой комплекс № 3 ПК82 – ПК134): ПК45, ПК48, ПК52.

Объекты получили положительное заключение главгосэкспертизы РФ, построены и сданы в эксплуатацию.

Главный инженер

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, cursive letters.

В. Г. Пивовар

И.о. начальника

С.В. Щербак



ИнжПроектСтрой

350038 г. Краснодар, ул. Промышленная, 49,
тел/ факс (861) 259-50-54, e-mail: post@injps.ru
www.injps.ru

Общество с ограниченной ответственностью «ИнжПроектСтрой»
ИНН 2309118153 / КПП 231001001. Р/с 4070281010000005849, К/с 30101810400000000700,
БИК 040349700 Филиал «Южный» ОАО «УРАЛСИБ» г. Краснодар

АКТ

о внедрении результатов
докторской диссертационной работы
Безугловой Екатерины Вячеславовны

Комиссия в составе: Директор ООО «ИнжПроектСтрой»
 Р. А. Ефименко
 Главный инженер ООО «ИнжПроектСтрой»
 А. В. Лиманский

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы, представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, использованы при разработке проектной документации на объекте: «Разработка проектной документации. Расходы на мероприятия по повышению уровня обустройства автомобильных дорог федерального значения. Реконструкция укрепительных сооружений на автомобильной дороге А-147 Джубга – Сочи – граница с Республикой Абхазия на участках км 96+980 – км 97+074, км 97+407 – км 97+500, км 99+715 – км 100+012, Краснодарский край».

Директор ООО «ИнжПроектСтрой»

Ефименко Р.А.

Главный инженер ООО «ИнжПроектСтрой»

Лиманский А.В.



АКТ

о внедрении результатов
докторской диссертационной работы
Безугловой Екатерины Вячеславовны

Комиссия в составе: технический директор ООО «НПК Проектводстрой» С. В. Сольский, главный инженер проектов Е. В. Булганин, составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы «Оценка и управление оползневый риском транспортных природно-технических систем Черноморского побережья Кавказа», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, использованы при разработке рабочей документации по разделу: «Инженерная защита. Противооползневые мероприятия по объекту «Участок Писаревка – Анапа», км 769+200 – 817+000. Расширение ЕСГ для обеспечения подачи газа в газопровод Южный поток».

Классификации взаимосвязей компонентов транспортных природно-технических систем и воздействующих факторов, а также типизации взаимодействия трубопроводов и автомобильных дорог с оползнем, явились основой выбора принципиальных решений инженерной защиты. Использование новой расчетной схемы оценки устойчивости склона, учитывающей изменчивость прочностных показателей грунтов по глубине и длине оползня, позволило уточнить величину оползневого давления и запроектировать экономически целесообразные удерживающие сооружения. Расчетный экономический эффект от внедрения разработки Безугловой Е.В. составил 16.7 млн. руб.

Технический директор
ООО «НПК Проектводстрой»
проф., д.т.н.

Главный инженер проектов
ООО «НПК Проектводстрой»



Сольский С. В.

Булганин Е. В.