ОДМ 218.2.030–2013

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

Москва 2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН обществом с ограниченной ответственностью «НТЦ ГеоПроект» (ООО «НТЦ ГеоПроект»).

Коллектив авторов: д-р техн. наук, проф. С.И.Маций (руководитель работ), д-р геол.-минерал. наук, проф. Е.А.Вознесенский, канд. техн. наук, доц. Е.В.Безуглова, канд. техн. наук Н.Н.Любарский, инж. Д.В.Плешаков, инж. С.А.Шелестов.

2 ВНЕСЕН Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения, Управлением эксплуатации автомобильных дорог Федерального дорожного агентства.

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 05.03.2013 № 252-р.

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Содержание

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 1
3 Термины и определения ... 2
4 Общие положения ... 3
5 Задачи и состав выполняемых работ при оценке оползневой опасности ... 3
6 Выявление факторов оползневой опасности ... 6
6.1 Анализ исходных материалов ... 6
6.2 Обследование оползневых участков и инженерных сооружений ... 8
6.3 Определение факторов оползневой опасности ... 16
7 Оценка оползневой опасности и риска ... 18
7.1 Порядок проведения оценки оползневой опасности и риска ... 18
7.2 Качественные методы ... 21
7.3 Полуколичественные методы ... 25
7.4 Количественные методы ... 26
7.5 Определение допустимого уровня риска ... 30
8 Управление оползневой опасностью и риском ... 31
8.1 Концепция противооползневой защиты на основе управления оползневой опасностью и риском ... 31
8.2 Вариантное проектирование инженерной защиты на основе оценки оползневой опасности и риска ... 33
8.3 Геотехнический мониторинг ... 35
9 Рекомендуемые требования к качеству выполняемых работ ... 38
9.1 Рекомендуемые требования к методическому и техническому обеспечению работ ... 38
9.2 Рекомендуемые требования к персоналу ... 38
9.3 Рекомендации по составлению технического задания и программы работ ... 39
9.4 Рекомендуемые требования к отчетным материалам ... 40
9.5 Научное сопровождение работ ... 42
10 Приложение А Классификация оползневых процессов и явлений ... 43
11 Приложение Б Методика сейсмического исследования оползневого массива ... 46
12 Приложение В Методика георадиолокационного исследования оползневого массива ... 50

13 Приложение Г Определение типа и консистенции связного грунта в полевых условиях 55
14 Приложение Д Пример заполненной анкеты визуального обследования оползневого участка 57
15 Приложение Е Перечень основных факторов формирования и развития оползневых процессов 60
16 Приложение Ж Пример качественной оценки оползневой опасности 63
17 Приложение З Пример полуколичественной оценки оползневой опасности 64
18 Приложение И Пример количественной оценки оползневой опасности 69
19 Приложение К Пример вариантного проектирования инженерной защиты автомобильных дорог на основе оценки оползневой опасности и риска 72
Библиография 74

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методические рекомендации по оценке оползневой опасности на автомобильных дорогах

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный методический документ (далее – методический документ) распространяется на выполнение оценки оползневой опасности и риска в составе инженерных изысканий, проектирования, научного сопровождения строительства, мониторинга, содержания автомобильных дорог и защитных дорожных сооружений.

1.2 Методический документ рекомендован к применению изыскательскими, проектными, эксплуатирующими организациями, органами управления дорожным хозяйством.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 12071–2000 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов

ГОСТ 20522–2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний

ГОСТ Р 22.1.01–95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения

ГОСТ Р 52398–2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования

ГОСТ Р 53778–2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги (актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85*)

СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения (актуализированная редакция СНиП 11–02–96)

СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения (актуализированная редакция СНиП 22–02–2003)

СП 126.13330.2012 Геодезические работы в строительстве (актуализированная редакция СНиП 3.01.03–84)

СП 11–102–97 Инженерно-экологические изыскания для строительства

СП 11–104–97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства

СП 11–105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ

СП 11–105–97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов

СП 11–105–97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть VI. Правила производства геофизических исследований

3 Термины и определения

В настоящем методическом документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **вероятность смещения грунта:** Функция индекса надежности, характеризующая степень возможности того, что величина коэффициента устойчивости склона (откоса) при каких-либо реально возможных условиях окажется меньше единицы.

3.2 **выявление факторов оползневой опасности:** Процесс нахождения и описания факторов, определяющих уровень риска на рассматриваемой территории.

3.3 **допустимый риск:** Уровень риска, соответствующий нормативной надежности строительного сооружения, при которой размер и вероятность потерь и ущербов при проектных воздействиях и нормальной эксплуатации этого сооружения являются по социально-экономическим соображениям допустимыми для конкретного общества в конкретный период времени.

3.4 **объект оползневого риска:** Население, здания, сооружения, объекты инфраструктуры, потенциально подверженные оползневому воздействию.

3.5 **оползневая опасность:** Угроза развития оползневого процесса, способного причинить ущерб здоровью людей, объектам дорожного хозяйства.

3.6 **оползневой риск:** Мера опасности, характеризующая возможность оползневого смещения грунтов и тяжесть его последствий для здоровья людей, имущества и окружающей природной среды.

3.7 **оценка риска:** Процесс прогнозирования опасностей и установления возможных потерь для всех случаев реализации опасностей с определенной интенсивностью и повторяемостью.

3.8 **управление оползневым риском:** Процесс выбора, реализации и контроля управляющих действий, направленных на обеспечение безопасности функционирования автомобильных дорог на оползнеопасных территориях.

3.9 **ущерб:** Физический вред здоровью, имуществу или окружающей среде.

3.10 **уязвимость:** Свойство объекта терять способность к выполнению своих функций в результате негативных воздействий.

3.11 **факторы оползневой опасности:** Характерные особенности, условия и закономерности, определяющие развитие оползневых процессов и величину возможных последствий от их воздействия на рассматриваемой территории.

4 Общие положения

4.1 Исследование оползневой опасности и риска является специальным видом проектно-изыскательской деятельности, направленной на обеспечение безопасности населения, объектов автомобильного хозяйства и окружающей природной среды в пределах территорий, подверженных воздействиям оползневых процессов, путем заблаговременного осуществления мероприятий по предупреждению природных чрезвычайных ситуаций и уменьшению негативных последствий, обусловленных этими процессами.

4.2 В общем виде оползневой риск определяется произведением вероятности смещения грунтовых масс в существующих природно-технических условиях или при предполагаемом их изменении на ожидаемый ущерб от данного события.

5 Задачи и состав выполняемых работ при оценке оползневой опасности

5.1 Объектами исследования при изучении оползневой опасности и риска являются:

- здания, сооружения и инженерные коммуникации (линии электропередач, водоснабжения и др.), попадающие в зону влияния оползневого процесса;

- люди, находящиеся в зоне влияния оползневого процесса;
- окружающая природная среда.

5.2 Исследование оползневой опасности и риска выполняется:

- в составе инженерных изысканий;
- при разработке всех видов документации на строительство, ремонт, капитальный ремонт, реконструкцию участка автомобильной дороги и/или защитных дорожных сооружений;
- в процессе эксплуатационного содержания автомобильных дорог и защитных дорожных сооружений.

5.3 Исследование оползневой опасности и риска на участках автомобильных дорог позволяет:

- изучить причинно-следственный механизм возникновения и развития оползневых процессов на рассматриваемой территории;
- провести классификацию и ранжирование факторов оползневой опасности по их значимости;
- выявить потенциальную оползневую опасность участков автомобильных дорог;
- провести сравнение оползневой опасности различных участков;
- установить приоритеты при строительстве защитных сооружений и оценить их эффективность;
- определить необходимый состав работ по содержанию и геотехническому мониторингу оползневых участков.

5.4 Необходимость проведения исследования оползневой опасности для существующей или проектируемой автомобильной дороги определяют по согласованию с заказчиком при выработке требований к программе обеспечения ее надежности, включаемых в контрактные документы (техническое задание, договор и др.).

5.5 Для обеспечения качества и согласованности результатов исследования оползневой опасности включают следующие этапы (рисунок 1):

- подготовительные работы (подраздел 5.9);
- выявление факторов оползневой опасности (раздел 6);
- оценка оползневой опасности и риска (раздел 7);
- управление оползневой опасностью и риском (раздел 8).

5.6 На этапе подготовки совместно с представителями заказчика (эксплуатирующей организации) определяются объекты и задачи исследования, используемый метод оценки (пункт 7.1.2), организационные ограничения по управлению риском и разрабатывается программа работ (подраздел 9.3).

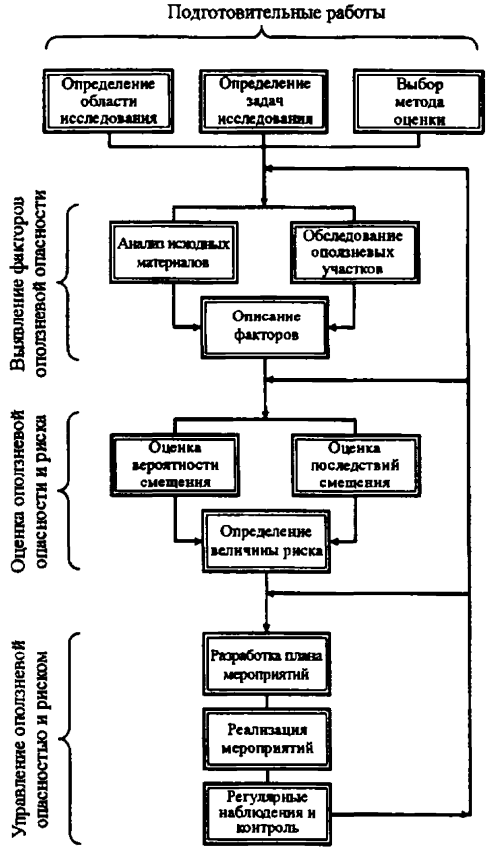


Рисунок 1 – Алгоритм проведения работ по исследованию оползневой опасности и риска

5.7 Выявление факторов оползневой опасности заключается в идентификации, перечислении и описании всех характерных особенностей, условий и закономерностей развития оползневого процесса.

5.8 Процесс выявления факторов оползневой опасности базируется на анализе данных, полученных в ходе обследования оползневых участков, расположенных вдоль трасс существующих или проектируемых автомобильных дорог, а также всех доступных архивных материалов (инженерно-геологических изысканий, проектной документации и др.), включая описание случаев проявления аналогичных по генезису и интенсивности опасностей на территории, подобной оцениваемой.

5.9 Оценка оползневой опасности и риска заключается в определении вероятности возникновения оползневого события и возможных неблагоприятных последствий для имущества, населения, окружающей природной среды от его реализации.

5.10 Управление оползневой опасностью заключается в принятии организационно-технических решений, процедур и практических мер по предупреждению или уменьшению риска оползневых процессов для существующих или проектируемых объектов дорожного хозяйства, жизни людей, окружающей природной среды.

6 Выявление факторов оползневой опасности

6.1 Анализ исходных материалов

6.1.1 Сбор и анализ архивных данных осуществляется для предварительной оценки факторов оползневой опасности, определения обоснованности существующих мероприятий инженерной защиты и подготовки к проведению инженерно-геологического обследования участков автомобильных дорог. Для этого используют:

- материалы предыдущих инженерных изысканий и стационарных наблюдений;
- сведения о конструкциях автомобильной дороги, существующих мероприятий инженерной защиты, а также зданий и сооружений, способных повлиять на развитие оползневого процесса или попадающие в зону его влияния;
- данные эксплуатирующей организации о ранее происходивших оползневых событиях и режиме функционирования исследуемого участка дороги.

6.1.2 Для установления возможности дальнейшего использования материалы инженерных изысканий проверяются на актуальность предоставленных в них сведений, а также соответствие требованиям СП 11–105–97 (части I и II) и СНиП 11–02–96 (СП 47.13330.2012).

6.1.3 Имеющиеся данные геодезических, геологических, гидрогеологических и гидрометеорологических изысканий позволяют предварительно установить площадь распространения, строение и возможный характер оползневого процесса.

6.1.4 На основе анализа топографических планов, космо- и аэрофотоматериалов устанавливаются достаточность имеющейся полосы геодезической съемки, границы распространения оползневых тел и предполагаемый базис их смещения.

6.1.5 Инженерно-геологические изыскания должны содержать:

- возраст, генезис, литологическую характеристику пород, условия их залегания, структурно-тектонические особенности и обоснование сейсмичности участка;

- характеристику экзогенных геологических процессов, способствующих оползневой деятельности;

- определение физико-механических свойств грунтов, прогнозирование изменения прочностных показателей в результате выветривания, определение диапазона колебаний влажности и плотности для набухающих грунтов;

- характеристику имеющихся на исследуемой территории оползней: размеры, возраст, стадию развития, скорость подвижек, мощность и возможные причины возникновения;

- результаты расчетов устойчивости склонов в естественном состоянии по установленным и возможным поверхностям скольжения, включая результаты «обратных» расчетов в случае активного оползневого процесса;

- результаты стационарных наблюдений (геотехнического мониторинга);

- прогноз изменения оползнеобразующих факторов и развития оползневых процессов (увеличение глубины захвата, возникновение новых и т. д.).

6.1.6 В результатах гидрогеологических изысканий должно быть отражено количество водоносных горизонтов и обводненных зон, глубина их залегания, взаимосвязь водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водами, пути движения подземных вод в теле оползня, основные приходные и расходные статьи водного баланса (источники замачивания, места выхода струйных течений и т. д.).

6.1.7 В случае расположения участка исследований непосредственно у водотока требуются следующие гидрологические данные: максимальные, средние и минимальные уровни воды; характерные скорости течения; фактическая и прогнозная скорости боковой эрозии.

6.1.8 Инженерно-гидрометеорологические изыскания должны содержать анализ климатических условий территории, включающий сведения о колебаниях температуры и влажности воздуха, испаряемости, ливнях редкой повторяемости и их параметрах.

6.1.9 При необходимости и соответствующем обосновании материалы инженерных изысканий могут быть дополнены и сопоставлены

со сведениями, полученными на смежных с исследуемым участком территориях.

6.1.10 На основе анализа проектной и рабочей документации устанавливаются состав и конструктивные решения существующих мероприятий инженерной защиты, участка автомобильной дороги, прилегающих объектов и определяется возможность их реконструкции или капитального ремонта.

6.1.11 Проектная и рабочая документация защитных сооружений должна содержать обоснование состава защитных сооружений, результаты расчетов устойчивости склонов после их возведения, основные положения организации строительства, условия производства работ и др.

6.1.12 На основе анализа эксплуатационных данных устанавливаются текущее техническое состояние существующих конструкций, характер имеющихся в них деформаций, периодичность и причины капитальных ремонтов, а также частота и скорость развития оползневых процессов на исследуемом участке.

6.2 Обследование оползневых участков и инженерных сооружений

6.2.1 Основными задачами инженерно-геологического обследования состояния прилегающих к автомобильной дороге склонов являются определение их характеристик по данным полевых исследований, классификация оползневых процессов (приложение А), составление или корректировка прогноза их развития и выявление факторов оползневой опасности. В ходе обследования проводятся:

- определение характера деформаций поверхности массива и типа оползневого процесса, его возраста, причин возникновения, степени активности;
- установление приуроченности оползневых процессов к определенным стратиграфо-генетическим комплексам пород, тектоническим структурам и геоморфологическим уровням и типам рельефа;
- определение влияния гидрогеологических и гидрометеорологических условий, а также гидрологических особенностей территории на возникновение и развитие оползневых процессов;
- выяснение роли морфологии и морфометрии рельефа, а также экспозиции склонов на возникновение оползней;
- установление парагенезиса оползневых и других современных геологических процессов;

- выявление роли антропогенного фактора в возникновении и активизации оползневых процессов;

- оценка состояния сооружений инженерной защиты и их эффективности (при наличии).

6.2.2 Состав работ по обследованию оползневых участков автомобильных дорог определяется с учетом требований СП 11–105–97 (часть II) и в зависимости от конкретных инженерно-геологических и технических условий объекта может в общем случае включать маршрутные наблюдения, обследование технического состояния подпорных стен и других инженерных сооружений, дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов, геодезические и гидрогеологические работы, геофизические исследования, проходку разведочных выработок, лабораторные исследования грунтов, камеральную обработку полученных материалов обследования.

6.2.3 Маршрутные наблюдения проводятся совместно с представителями заказчика или эксплуатирующей организации и включают изучение земляного полотна автомобильной дороги, оползнеопасного склона, прилегающей территории и имеющихся на ней сооружений.

6.2.4 В ходе маршрутных наблюдений фиксируются изменения уровня грунтов на склоне, в том числе относительно гребня подпорной стены или других удерживающих сооружений, участки появления поваленных или наклонившихся деревьев, децерации (срыва дернины на склоне), появления оползневых трещин и водопроявлений на склонах и др. Полученные данные позволяют определить характер напряженного состояния и деформаций на различных участках склона, выявить механизм и природу оползня, возраст смещений разных порядков, конфигурацию поверхности оползневого скольжения и мощность смещающихся пород. При необходимости маршрутные наблюдения проводятся в комбинации с неглубоким бурением или проходкой шурфов и закопушек.

6.2.5 При описании и анализе трещин в грунте рекомендуется выделять оползневые (с детальной их классификацией по Тер-Степаняну), тектонические (в частности в зонах разрывных нарушений), напластования, усыхания, выветривания. Описание трещин в грунте на поверхности оползня рекомендуется производить по следующей схеме: одиночная ли трещина или принадлежит к системе аналогичных трещин, форма в плане, ширина, видимая глубина и наклон, характер стенок и их взаимное положение; наличие горизонтального перемещения по трещине и его величина, приуроченность трещины к определенной породе, заполнитель, соображения о генезисе и характере вызвавшей ее появление

деформации. Необходимо также указывать, к какому элементу оползневого микрорельефа приурочена трещина.

6.2.6 При описании растительности необходимо фиксировать характер деформации стволов деревьев, незакономерный наклон стволов в разные стороны («пьяный лес»), расщепленные стволы и др.; наличие вывернутых и опрокинутых, поваленных деревьев; участки чахлой, угнетенной растительности, пожелтевшей кроны, засохших деревьев; наличие деформаций растительности, посаженной правильными рядами (аллей деревьев, рядов лоз виноградника и др.); отсутствие или наличие растительности на стенках оползневых срывов и возраст деревьев, нарушение дернового покрова и др.

6.2.7 При описании склоновых отложений большое внимание следует уделять цвету пород, наличию признаков ожелезнения, карбонатности, степени перемятости пород, их слоистости, наличию и характеру обломочных включений и их петрологическому составу, размеру обломков, степени их окатанности, наличию вторичных минералов, наличию и характеру «зеркал» скольжения.

6.2.8 Обследование земляного полотна дороги, удерживающих, водоотводных, дренажных и других инженерных сооружений, попадающих в зону влияния оползневого процесса, проводится согласно ГОСТ Р 53778–2010 и рекомендаций [1]. Обнаруженные при обследовании дефекты и повреждения конструкций фиксируются и оцениваются с точки зрения их воздействия на несущую способность, долговечность и эксплуатационные качества сооружений.

6.2.9 При обследовании существующих сооружений инженерной защиты следует обращать внимание на возможные нарушения в технологии проведения строительных работ, способствующие развитию оползневого процесса: сброс грунта на низовой склон, непредусмотренная в документации подрезка и т. п.

6.2.10 Подлежащие обследованию участки инженерных сооружений предварительно разбивают на характерные сегменты с разной степенью нарушенности и типами конструкций. Фиксируют данные о пикетажном местоположении границ соответствующих участков сооружений. Составляют схему удерживающих, водоотводных и дренажных сооружений. Определяют базовые места дислокации рабочих групп на время проведения полевых работ и согласовывают работы с органами ГИБДД и органами управления автомобильными дорогами.

6.2.11 Для выявления границ потенциально неустойчивых склонов и получения сведений об их геоморфологических условиях при необходимости выполняется специальная оползневая съемка в масштабах от 1:500 до 1:1000 в соответствии с СП 11–104–97.

6.2.12 Дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов, а также анализ результатов лазерного сканирования территории проводится для установления типов и подтипов оползней, их формы и масштабности проявления, предварительной оценки возраста процессов, их стадии и основных факторов развития, характера техногенной нагрузки и деформаций сооружений автомобильной дороги.

6.2.13 Опытные гидрогеологические работы проводятся для оценки сезонных колебаний уровней подземных вод и гидродинамического давления по водоносным горизонтам, оказывающим воздействие на устойчивость склона и подпорных сооружений автомобильной дороги, установления источников питания подземных вод, зон разгрузки, связи между поверхностными и подземными водами, определения фильтрационных характеристик грунтов.

6.2.14 В ходе инженерно-геологического обследования гидрогеологические наблюдения выполняются с использованием стационарной сети или отдельных наблюдательных скважин, в ходе сопутствующих наблюдений при проходке шурфов и разведочных скважин, а также в результате наблюдений за естественными водопроявлениями на склоне. Сеть наблюдательных скважин располагается с учетом условий залегания подземных вод в плане и в разрезе.

6.2.15 Для выявления источников питания оползней водой и воздействия подземных вод на изменение свойств склоновых отложений (на формирование в их толще зон ослабления) необходимо изучать химический состав подземных вод и его изменение во времени. Гидрохимические наблюдения рекомендуется вести по тем же скважинам, по которым производятся наблюдения за уровнем и температурой воды, размещая наблюдательные точки таким образом, чтобы охарактеризовать всю толщу оползневых пород по площади и глубине. При проведении гидрохимических наблюдений необходимо особое внимание обращать на:

- установление типов подземных вод, которые указывают на интенсивность и относительные скорости фильтрации (например, гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды характерны для участков интенсивной инфильтрации, сульфатные воды распространены в слабопроницаемых грунтах и свидетельствуют о меньших скоростях и т. д.);
- аномально повышенную минерализацию, которая может контролировать наличие зон тектонических нарушений или очагов загрязнения;
- специфический химический состав (например, наличие содовых вод), влияющий на процессы оползнеобразования.

6.2.16 В пределах оползневого склона для оценки баланса подземных вод необходимо выделить:

- зоны, покрытые лесами, лугами или полями, где основными элементами баланса являются боковой приток, отток, инфильтрация, эвапотранспирация;

- участки, занятые садами и другими сельхозугодьями (виноградниками, бахчами), где элементы баланса те же, но добавляются поливные воды и периодический сток в дрены;

- участки, занятые жилыми, промышленными и рекреационными (например, курортными) массивами, в пределах которых основные элементы баланса те же, но естественный режим подземных вод нарушен;

- места разгрузки подземных вод (нижележащие водоносные горизонты, высачивание на склонах, в дренажи, установленные в подпорных сооружениях, в близлежащую речную сеть, непосредственно под земляное полотно автомобильной дороги).

6.2.17 Возможность применения геофизических методов основана на различии физических свойств горных пород в зависимости от их состава и состояния. Геофизические исследования следует выполнять согласно СП 11–105–97 (часть VI) и совмещать с инженерно-геологическими и гидрогеологическими обследованиями. Основными методами оценки состояния склонов являются сейсморазведка и георадиолокация.

6.2.18 Сейсмические исследования на теле оползня проводятся для определения:

- геологического строения оползневого склона (тела оползня, поверхности скольжения, положения скальных пород);

- направления скольжения тела оползня;

- уровня грунтовых вод;

- деформационных свойств грунтов, слагающих оползень.

Методика сейсмических исследований и применяемое оборудование приведены в приложении Б.

6.2.19 Георадиолокационные исследования на теле оползня проводятся с целью изучения внутреннего строения оползня и грунтов вокруг него на основе построения отражающих границ между слоями с различными электрофизическими свойствами. В свою очередь, электрофизические свойства тесно связаны с физическими характеристиками – пустотностью, влагонасыщением, глинистостью и т. д. Георадары хорошо применять при работе с грунтами, имеющими высокое электрическое сопротивление. Напротив, низкоомные породы, такие, как глины, могут являться непреодолимым барьером для изучения методами георадиолокации. В связи с тем, что породы тела оползня часто представлены влажными глинистыми разностями, георадилокация на теле

оползня носит вспомогательный характер. Простота выполнения полевых работ позволяет рекомендовать этот метод для обследования состояния склонов наряду с сейсмическими методами. Методика георадиолокационных исследований и применяемое оборудование приведены в приложении В.

6.2.20 Выбор типа и количества разведочных горных выработок производится в соответствии с СП 11–105–97 (часть I) с учетом условий подъезда и размещения бурового оборудования в стесненных условиях. Разведочные выработки следует размещать как по продольному (по направлению движения оползня), так и по поперечным створам, вдоль осей оползней, а также вне этих створов, что необходимо для сравнения показателей состава и состояния грунтов в различных частях склона. Глубина выработок назначается по результатам предварительной оценки геологического строения участка согласно имеющейся архивной документации, но не менее чем на 3–5 м ниже поверхности скольжения. Для наиболее правильной геологической интерпретации полученных материалов на каждом крупном оползне рекомендуется проходить от 2 до 5 глубоких скважин. Расстояние между выработками следует принять таким, чтобы отразить изменение как рельефа склона, так и показателей свойств склоновых отложений.

6.2.21 Для экспресс-оценки тип связного грунта и его влажность можно установить на месте, используя визуальные признаки, приведенные в приложении Г. Более точно данные параметры устанавливаются в лабораторных условиях.

6.2.22 Лабораторные исследования состава и свойств грунтов проводятся по образцам, отобранным прежде всего из основного деформируемого горизонта, с учетом типа оползневого процесса и предполагаемых воздействий различных факторов (изменений напряженного состояния, плотности, влажности, динамических, в том числе сейсмических, воздействий) с учетом требований пункта 4.2.10 СП 11–105–97 (часть II).

6.2.23 При необходимости установления средней скорости движения оползневого тела и характера изменений инженерно-геологических условий во времени на рассматриваемом участке необходимо проводить долгосрочные стационарные наблюдения на основе геотехнического мониторинга оползневых процессов (подраздел 8.3).

6.2.24 Камеральная обработка материалов исследований включает построение моделей оползневых склонов, расчет их устойчивости и составление прогноза развития оползневых процессов. Подход к построению модели оползневого склона и выбор метода (методов) расчета

его устойчивости должны определяться исходя из типа, подтипа и масштаба проявления оползневых процессов.

6.2.25 Наличие в грунтовой толще поверхностей скольжения, в том числе потенциальных, следует, как правило, подтверждать результатами расчетов устойчивости и/или данными мониторинга.

6.2.26 Расчет устойчивости оползнеопасных склонов и откосов следует выполнять в соответствии с рекомендациями [2]. При расчетах необходимо рассматривать устойчивость и/или скорость смещения не только существующих оползневых тел в той или иной фазе развития, но и оценивать возможность зарождения и развития новых, с учетом общей динамики изменения природных факторов, а также антропогенной (в том числе планируемой) деятельности. В связи с этим прогноз развития оползневых процессов следует проводить также для разных морфологических элементов склона, сложенных различными породами.

6.2.27 Расчеты рекомендуется использовать для оценки устойчивости склона на момент исследований (с учетом ранее осуществленных на склоне противооползневых мероприятий), сравнительной количественной оценки роли отдельных факторов оползнеобразования в снижении коэффициента устойчивости склона и для прогнозирования наиболее неблагоприятных условий устойчивости склона.

6.2.28 Для расчетов рекомендуется применять методы, позволяющие определять устойчивость склона относительно поверхности смещения любой формы (установленной или предполагаемой на основе изучения условий залегания и свойств пород). К данным методам относятся методы Терцаги, прислоненного откоса, метод горизонтальных сил Маслова-Берера, метод многоугольников сил Шахунянца, Чугаева; при расчетах устойчивости склонов в слабых породах – методы Можевитинова, Бишопа, Тейлора, Моргенштерна и Прайса, Янбу, общего предельного равновесия; при расчетах устойчивости склонов в скальных породах – методы дефицита удерживающих сил и метод Фисенко. Для получения ориентировочных значений коэффициента устойчивости при массовых расчетах целесообразно применять методы Маслова и Петровой-Ясюнас как наиболее простые, а для более строгих расчетов – метод Шахунянца. При соответствующем научном обосновании допускается применять и другие расчетные методы.

6.2.29 Ввиду трудности установления абсолютного (истинного) значения коэффициента устойчивости оползневых склонов (из-за неточности значений входящих в расчет показателей прочности пород) при сравнительной количественной оценке роли отдельных факторов или отдельных противооползневых мероприятий рекомендуется пользоваться

методом обратных расчетов. Найденная обратным расчетом при значении коэффициента устойчивости, равном единице, средняя величина сопротивления сдвигу по поверхности скольжения используется в последующих прямых расчетах для сравнительной оценки роли оползнеобразующих факторов и противооползневых мероприятий. Расчетами определяется влияние на устойчивость склона природных (абразии, эрозии, фильтрационного и гидростатического давления подземных вод, сейсмических колебаний, разупрочнения или упрочнения пород во времени и др.) и антропогенных (искусственных подсечек и пригрузок склона, искусственного обводнения, взрывов и др.) факторов.

6.2.30 Оценку влияния на устойчивость склона гидрогеологического фактора рекомендуется давать исходя из:

- наличия подземных вод (часто напорного характера), содержащихся в трещиноватых и раздробленных флишевых породах в пределах оползневых депрессий и оказывающих взвешивающее воздействие на оползневую толщу;

- наличия подземных вод, заключенных в отдельных прослойках и линзах водопроницаемого грунта, содержащихся в самой толще оползневых накоплений;

- периодически резкого повышения (в дождливый сезон) уровня подземных вод в толще оползневых накоплений, что выражается в увеличении гидростатического и фильтрационного давления, снижении прочности пород в зоне сезонного обводнения;

- обводнения оползневого тела на всю его мощность при необходимости учета максимального (реально возможного) воздействия гидрогеологического фактора на величину коэффициента устойчивости склона.

6.2.31 При выполнении расчетов устойчивости склонов рекомендуется пользоваться численными методами двух- или трехмерного моделирования массивов грунтов, а также современными программными средствами для его реализации. При этом предпочтение следует отдавать сертифицированным в установленном порядке программным пакетам и модулям. При соответствующем научном обосновании могут использоваться также авторские программные продукты.

6.2.32 Прогноз оползневых процессов подразумевает оценку возможных размеров и объемов оползневых тел для каждого участка, где выявлена оползневая опасность, по аналогии с фактически наблюдаемыми явлениями в сходных инженерно-геологических условиях либо специальными расчетами; ожидаемой скорости оползневых смещений; предполагаемого времени возникновения новых оползневых явлений.

Учет реологических свойств грунтов в прогнозных расчетах является обязательным.

6.2.33 По окончании работ устанавливается соответствие полученных данных архивным материалам, если таковые имеются. Выявленные различия в инженерно-геологической и гидрогеологической обстановке используются для разработки прогнозов изменения факторов оползневой опасности.

6.2.34 При наличии достаточного количества и качества материалов изысканий прошлых лет возможно сокращение объемов работ по обследованию при учете требований подраздела 5.2 СП 11–105–97 (часть I). В случаях, когда материалы отсутствуют или оцениваются как недостаточные, сомнительные или устаревшие, обследование следует выполнять в полном объеме.

6.2.35 По результатам обследования для каждого выделенного участка по заранее разработанной форме составляется акт, в который вносятся все выявленные проявления подготавливающегося смещения. Пример заполненного акта визуального обследования оползневого участка автомобильной дороги приведен в приложении Д.

6.3 Определение факторов оползневой опасности

6.3.1 На основе данных, полученных в ходе анализа исходных материалов и результатов инженерно-геологического обследования, проводится определение основных факторов оползневой опасности, которые устанавливают вероятность нарушения устойчивости земляного полотна дороги, а также величину ущерба от данного события.

6.3.2 Определение факторов оползневой опасности следует начинать с типизации и картирования, имеющихся проявлений оползневых процессов вместе с природными и техногенными условиями их образования.

6.3.3 Все факторы, определяющие устойчивость земляного полотна дороги, делятся на условия, от которых зависит величина коэффициента устойчивости в данный момент (тип I), и на процессы, изменяющие величину коэффициента устойчивости во времени (тип IIа – обратимые, тип IIб – необратимые изменения). Перечень основных факторов формирования и развития оползневых процессов приведен в приложении Е.

6.3.4 Для последующей оценки вероятности нарушения устойчивости для каждого оцениваемого участка в дополнение к пункту 6.3.3 устанавливаются:

- критические характеристики геологической среды, природного и техногенного воздействий (количество выпавших осадков, уровень грунтовых вод, подрезка склонов и др.), при которых происходит активизация оползневых процессов;

- стадийность и повторяемость оползневых процессов согласно таблице 4.2 СП 11–105–97 (часть II) или вероятность событий, способных привести к их активизации;

- эффективность имеющихся сооружений инженерной защиты.

6.3.5 Для оценки величины экономических последствий от реализации оползневой опасности устанавливаются:

- расположение объектов риска относительно оползневого тела;

- протяженность оползневого участка вдоль дороги и мощность смещения;

- предполагаемая дистанция смещения;

- степень возможного разрушения объектов дорожного хозяйства и прилегающих сооружений.

6.3.6 Для оценки величины социальных последствий устанавливаются:

- значимость и категория автомобильной дороги согласно ГОСТ Р 52398–2005 и СНиП 2.05.02–85* (СП 34.13330.2012);

- режим и интенсивность движения транспортных средств на оцениваемом участке;

- предполагаемая средняя скорость смещения оползня;

- периодичность и продолжительность пребывания людей в зоне влияния оползневого процесса.

6.3.7 При определении факторов оползневой опасности следует учитывать возможность появления и развития новых факторов, ранее не присутствующих на рассматриваемом участке.

6.3.8 Описание факторов оползневой опасности проводится как в количественных, так и в качественных терминах. При этом для количественных параметров также рекомендуется указывать их качественную характеристику на основе экспертного суждения.

6.3.9 По завершении данного этапа по всем участкам создается сводный перечень, содержащий количественные и качественные описания выявленных факторов оползневой опасности. Помимо этого в него рекомендуется включать предварительную оценку значимости каждого из факторов опасности и ориентировочный состав возможных мероприятий инженерной защиты с указанием того, как они будут влиять на развитие и интенсивность этих факторов.

7 Оценка оползневой опасности и риска

7.1 Порядок проведения оценки оползневой опасности и риска

7.1.1 Оценка оползневой опасности и рисков выполняется последовательно для отдельных однородных по природным и техногенным условиям участков автомобильных дорог на основе данных, полученных на этапе выявления факторов оползневой опасности.

7.1.2 Оценка оползневой опасности и риска выполняется качественными (подраздел 7.2), полуколичественными (подраздел 7.3) и количественными (подраздел 7.4) методами. Выбор метода определяется исходя из стадии изысканий и объема исходных материалов, при этом метод должен:

- соответствовать поставленным целям исследования и сложности исследуемой территории;
- являться научно обоснованным;
- предоставлять результаты в форме, обеспечивающей понимание природы риска, и определять наиболее эффективные пути его снижения;
- являться типовым или обладать свойствами, обеспечивающими возможность повторяемости получаемых результатов.

7.1.3 Методы качественной и полуколичественной оценки применяются на стадии предпроектных изысканий, когда необходимые данные для численного выражения факторов оползневой опасности отсутствуют или их объем недостаточен. Основной их задачей является обеспечение эффективности при планировании строительства и реконструкции мероприятий инженерной защиты. При этом качественные методы рекомендуется применять для автомобильных дорог III категории и ниже.

7.1.4 Метод количественной оценки применяется на стадиях разработки проектной документации автомобильных дорог и мероприятий инженерной защиты, когда имеется полный объем необходимых данных для определения числовых значений основных оползнеобразующих факторов. На основе получаемых результатов осуществляется выбор оптимального варианта инженерной защиты, наиболее экономически целесообразного для рассматриваемого участка и учитывающего его инженерно-геологические особенности (подраздел 8.2).

7.1.5 На стадии предпроеткных изысканий на сложных оползневых участках, когда одно локальное смещение может спровоцировать целый

ряд крупных оползневых событий со значительными последствиями, необходимо использовать количественные методы оценки. В этом случае для получения необходимых сведений назначается состав дополнительных инженерно-геологических изысканий.

7.1.6 В независимости от используемого метода работы по оценке оползневой опасности и риска осуществляются в следующей последовательности:

- для каждого рассматриваемого участка автомобильной дороги на основе имеющихся классификаторов, инженерного анализа, априорных данных, опыта и знаний исследователя определяются частота и вероятность возникновения оползневого процесса;
- для каждого возможного оползневого события определяют его последствия, оценивают категорию их тяжести или рассчитывают величину ущерба;
- путем обобщения полученных показателей вероятности и последствий оползневого смещения определяется величина оползневого риска (подразделы 7.2, 7.3, 7.4);
- проводится сравнение полученного результата с допустимым уровнем риска, при котором не требуется каких-либо дополнительных мер по его контролю (подраздел 7.5);
- оценивается достаточность предусмотренных методов обнаружения, локализации и идентификации оползневой опасности, имеющиеся неопределенности и точность полученных результатов (подраздел 7.5).

7.1.7 Для определения частоты и вероятности оползневого события применяются метод экспертной оценки; статистическая обработка архивных данных; метод аналогий; оценка частоты явлений, приводящих к активизации оползневых подвижек; вероятностные расчеты устойчивости склонов и откосов на основе аналитических методов. Все эти технические приемы могут применяться как по отдельности, так и совместно.

7.1.8 Экспертное суждение о вероятности смещения используется при качественной оценке и основывается на данных визуального обследования, анализа существующих материалов инженерно-геологических изысканий и опыта специалистов. Сущность метода заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с оценкой достоверности суждений и формальной обработкой результатов.

7.1.9 Статистическая обработка применяется для количественного определения вероятности смещений или формирования качественного

рейтинга. На основе анализа данных эксплуатирующей организации за продолжительный промежуток времени о предыдущих оползневых событиях в районе исследования определяется частота их возникновения. Кроме дат оползневых событий, также учитываются тип склона, механизм смещения, объем оползневых масс и др.

7.1.10 В методе аналогий частота и вероятность смещения устанавливаются на основе анализа оползневых процессов на участках, которые в топографическом, геологическом, гидрологическом и климатическом отношении аналогичны оцениваемому участку. Применяется при качественном или полуколичественном методе оценки.

7.1.11 Определение частоты явлений, приводящих к активизации подвижек, также позволяет определить вероятность наступления оползневого события. Для этого на основе архивных материалов и результатов натурных наблюдений устанавливаются соответствующие параметры данных явлений (количество выпавших осадков, сила сейсмического воздействия и др.) и устанавливается их периодичность.

7.1.12 Вероятностные расчеты устойчивости склонов и откосов на основе аналитических методов применяются при количественной оценке риска. При расчетах учитываются изменчивость прочностных и деформационных свойств грунтов, положения уровня подземных вод, а также другие неопределенности факторов оползневой опасности.

7.1.13 Для оценки последствий определяются негативные эффекты от воздействия оползневого события – экономические (повреждение земляного полотна дороги, потеря устойчивости зданий и сооружений в зоне влияния и т. д.) и социальные (вероятность нанесения травм населению).

7.1.14 Экономический ущерб может выражаться как в абсолютном денежном эквиваленте, так и в относительных величинах в процентах от рыночной стоимости строительства участка дороги.

7.1.15 Вероятность нанесения травм населению и возможность летального исхода (социальные последствия) выражается частотой данных событий в год. Их рекомендуется определять только на основе количественных методов оценки.

7.1.16 При необходимости в соответствии с требованиями СП 11–102–97 дополнительно оцениваются экологические последствия от оползневого события: вероятность утечки загрязняющих веществ в результате повреждения прилегающих промышленных сооружений, разрушение территорий национальных парков и др.

7.1.17 При оценке последствий выполняются следующие виды работ:

- устанавливаются критерии, используемые для идентификации последствий;
- анализируются последствия предыдущих оползневых смещений на оцениваемой территории или объектах-аналогах;
- оценивается вероятность вовлечения исследуемого участка в оползневой процесс;
- выявляются последствия для зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния оползневого процесса;
- определяется качественное или количественное (абсолютное, относительное) выражение возможного ущерба.

7.1.18 При определении величины оползневого риска оценивают вероятность активизации оползневого процесса при всех возможных сочетаниях неблагоприятных инженерно-геологических условий. Для упрощения процедуры оценки при соответствующем обосновании из рассмотрения могут быть исключены процессы и явления, оказывающие незначительное влияние на рассматриваемую территорию.

7.1.19 Время, на которое производится оценка оползневой опасности и риска, должно соответствовать сроку эксплуатации участка автомобильной дороги без капитального ремонта, но не более чем на 50 лет из-за существенных изменений, происходящих с оцениваемыми опасностями и объектами дорожного хозяйства за более длительное время.

7.2 Качественные методы

7.2.1 Качественная оценка оползневой опасности и риска производится на основании экспертного анализа всей совокупности факторов, определяющих вероятность наступления оползневого события и его возможные последствия. Получаемая в результате оценки информация должна обеспечивать основу для разделения данных факторов на качественные характеристики оползневого риска («высокий», «средний», «низкий» и т. п.).

7.2.2 Для каждого конкретного объекта исследований на подготовительном этапе устанавливаются четкие критерии и термины, которые будут в дальнейшем использоваться для классификации оползнеопасных участков по категориям вероятности наступления и тяжести возможных последствий. Степень оползневой опасности оценивается по принципу их пересечения и выражается категорией риска.

7.2.3 Количество категорий вероятности и тяжести последствий оползневых событий выбирается в каждом конкретном случае индивидуально в зависимости от поставленных задач и особенностей исследуемой территории.

7.2.4 Для обеспечения объективности и сопоставимости результатов для описания возможных последствий и вероятности возникновения смещения рекомендуется использовать качественные термины, приведенные в таблицах 1, 2 и 3.

7.2.5 Ранжирование по уровню оползневого риска для имущества, населения и окружающей природной среды выполняется с помощью матрицы риска. Представленная в таблице 4 матрица носит рекомендательный характер и при необходимости может быть изменена. В этом случае приводится расшифровка всех новых терминов и обосновывается ее преимущество.

Таблица 1 – Термины для качественной оценки вероятности оползневого смещения

Обозначение категории вероятности оползневого смещения	Качественная характеристика вероятности оползневого смещения	Частота оползневых смещений в год	Вероятность оползневого смещения
P1	Несомненно	> 1	Ожидается в течение ближайшего времени
P2	Весьма возможно	$1 - 10^{-1}$	Оползневое событие возможно при ухудшении инженерно-геологических условий в течение расчетного срока эксплуатации участка дороги
P3	Вероятно	$10^{-1} - 10^{-2}$	Может произойти при весьма неблагоприятных обстоятельствах в течение расчетного срока эксплуатации участка дороги
P4	Редко	$10^{-2} - 10^{-6}$	Может произойти в течение расчетного срока эксплуатации участка дороги только в исключительных случаях
P5	Маловероятно	$< 10^{-6}$	Оползневое событие практически невозможно

Таблица 2 – Термины для качественной оценки экономических последствий оползневого смещения

Обозначение категории возможного ущерба	Качественная характеристика возможного ущерба	Относительные потери, %	Описание возможного ущерба
D1	Катастрофический	> 100	Полное разрушение участка автомобильной дороги, крупные повреждения одного или нескольких прилегающих объектов
D2	Крупный	40 – 100	Значительная часть земляного полотна автомобильной дороги разрушена, возможны средние повреждения одного прилегающего объекта
D3	Средний	10 – 40	Разрушено до половины земляного полотна автомобильной дороги, возможны незначительные повреждения одного прилегающего объекта
D4	Малый	1 – 10	Умеренное повреждение земляного полотна автомобильной дороги
D5	Незначительный	< 1	Ограниченный ущерб практически не влияет на эксплуатационные свойства участка автомобильной дороги

7.2.6 Пример определения оползневой опасности на участке автомобильной дороги методом качественной оценки приведен в приложении Ж.

Таблица 3 – Описание категорий оползневого риска

Обозначение категории оползневого риска	Качественная характеристика оползневого риска	Описание категории оползневого риска
R1	Очень высокий	Быстро и практически гарантированно влечет за собой полное разрушение объекта дорожного хозяйства и/или приводит к невосполнимым потерям окружающей природной среды, гибели людей
R2	Высокий	С высокой вероятностью может повлечь за собой значительный ущерб для объекта дорожного хозяйства и/или окружающей природной среды, возможны травмы людей
R3	Средний	Может повлечь за собой серьезный ущерб для объекта дорожного хозяйства, но создает малую угрозу здоровью людей и окружающей природной среде
R4	Низкий	С низкой вероятностью может повлечь снижение эффективности функционирования объекта дорожного хозяйства, но не представляет опасности для окружающей природной среды и здоровья людей
R5	Очень низкий	С низкой вероятностью может повлечь незначительное снижение качества функционирования объекта дорожного хозяйства, но не представляет опасности для самого объекта, окружающей природной среды и здоровья людей

Таблица 4 – Матрица оползневого риска

Обозначение категории возможного ущерба	Категория вероятности смещения				
	P1	P2	P3	P4	P5
D1	R1	R1	R2	R3	R4
D2	R1	R2	R3	R4	R5
D3	R2	R3	R3	R4	R5
D4	R3	R4	R4	R4	R5
D5	R4	R5	R5	R5	R5

7.3 Полуколичественные методы

7.3.1 Полуколичественная оценка оползневой опасности и риска основана на методе анализа иерархий и заключается в переходе от количественных и качественных характеристик природных и технических условий к балльным оценкам. Она применяется в случае необходимости определить суммарное влияние на объект нескольких оползнеобразующих факторов, параметры которых выражены в различных размерностях.

7.3.2 Полуколичественная оценка оползневой опасности и риска осуществляется в следующем порядке:

- разрабатываются частные балльные шкалы для каждого оцениваемого фактора;
- выбирается способ интеграции балльных оценок и определяется результирующая шкала или матрица риска;
- осуществляется оценка каждого из компонентов оползневой опасности;
- по результатам полученных данных выводится интегральная оценка риска.

7.3.3 Каждый фактор оползневой опасности оценивается в безразмерных единицах-баллах, по специальным шкалам, разработанным исходя из интенсивности его проявления, а также роли, которую он играет в формировании оцениваемой геотехнической системы.

7.3.4 Разработка балльных шкал основывается на использовании методов статистики и производится с учетом последующего интегрирования и ранжирования полученных оценок.

7.3.5 Балльные шкалы могут иметь как равномерную, так и неравномерную разбивку: расширяющуюся, сужающуюся с середины отсчета и др. Сгущение баллов рекомендуется проводить в той части измерительной шкалы, где она дает наибольшую информацию.

7.3.6 Балльные шкалы определяются применительно к конкретной территории, и для получения достоверного результата на каждом оползневом участке автомобильной дороги требуется их соответствующая калибровка.

7.3.7 Для интеграции баллов частных показателей применяются способы суммирования, перемножения или их комбинация. В общем виде интегральные формулы имеют вид

$$R=\sum_{i=1}^{M} K_i \cdot t_i, \qquad (1)$$

$$R=\prod_{i=1}^{M} K_i \cdot t_i, \qquad (2)$$

где R – оползневой риск;

K_i – коэффициент значимости i-го фактора оползневой опасности;

t_i – балльное значение i-го фактора по принятой шкале.

7.3.8 Полученные интегральные оценки представляют собой доли от наиболее неблагоприятной обстановки на исследуемой территории по сочетанию факторов оползневой опасности. Они ранжируются на группы, соответствующие определенной категории вероятности смещения и возможного ущерба.

7.3.9 Определение цены каждой ступени (количество баллов, соответствующих простым, сложным и другим условиям) выполняется на основе анализа наиболее вероятного сочетания факторов оползневой опасности, которые могут иметь место в данной обстановке в их экстремальных значениях.

7.3.10 Экстремальные значения баллов зависят от природных условий (для горных областей интервал колебаний будет более широким, чем для пологих участков) и пропорциональны размерам оцениваемой территории.

7.3.11 На основании полученных показателей вероятности смещения и возможного ущерба аналогично строится интегральная шкала оценки оползневого риска. При определении степени оползневой опасности также допускается использовать матрицу риска, применяемую в качественных методах оценки (см. пункт 7.2.5).

7.3.12 Пример балльных шкал и результат определения оползневой опасности на участке автомобильной дороги методом полуколичественной оценки приведен в приложении З.

7.4 Количественные методы

7.4.1 Количественные методы оценки оползневой опасности и риска применяются при разработке проектных решений конструкций автомобильных дорог и мероприятий инженерной защиты на оползнеопасных участках. Их преимуществом является высокая точность получаемых результатов.

7.4.2 Количественную оценку оползневой опасности и риска рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- разработка предварительных моделей образования и развития оползней;
- подбор вероятностно-статистических моделей, наиболее адекватно отражающих характерные особенности развития оползневых процессов и учитывающих строение геологической среды;

- оценка вероятности реализации прогнозов оползневой опасности при различных сочетаниях внешних воздействий и физико-механических свойств грунтов;

- определение экономических последствий для объектов инженерных сооружений и социальных последствий для населения в случае оползневого смещения;

- интегрирование полученных значений и установление количественной характеристики оползневого риска.

7.4.3 Экономический риск потерь от оползневых процессов для каждого оцениваемого объекта следует определять в виде полного и удельного (приведенного к единице площади или длины) значений этого риска по формуле

$$R_E = P_H \cdot P_S \cdot V_E \cdot D, \quad (3)$$

где R_E – соответственно полный (р./год) или удельный [(р./(м^2·год), р./(км·год)] риск потерь от реализации оползневой опасности;

P_H – повторяемость оползневого события в пределах исследуемой территории [(случаев/год, случаев/(м^2·год), случаев /(км·год)];

P_S – вероятность поражения оцениваемого объекта оползневой опасностью в пространстве;

V_E – экономическая уязвимость оцениваемого объекта для оползневой опасности;

D – стоимость объекта до его поражения (р., р./м^2, р./км).

7.4.4 Повторяемость оползневого события P_H определяется произведением среднегодовой частоты события, вызывающего активизацию оползня, на вероятность смещения в результате его воздействия. Вероятность смещения вычисляется на основе вероятностного моделирования с использованием различных методов прогнозной экстраполяции (Монте-Карло, Газофера-Линда и др.).

7.4.5 Основными входными параметрами вероятностного моделирования являются уровень грунтовых вод с учетом возможных его колебаний, автомобильная и сейсмическая нагрузки, а также статистическое распределение значений прочностных и деформационных свойств грунтов. Основными выходными параметрами являются стандартное отклонение, среднее, наименьшее и наибольшее значения коэффициента устойчивости.

7.4.6 По результатам вероятностного моделирования строится кривая распределения значений коэффициента устойчивости (рисунок 2, а). Вероятность обрушения вычисляется интегрированием площади под кривой плотности распределения для значений коэффициента меньших единицы (рисунок 2, б).

7.4.7 Вероятность поражения оцениваемого объекта оползневой опасностью в пространстве P_S зависит от расположения исследуемого объекта по отношению к телу оползня и оценивается величиной от 0 до 1.

Если объект по площади совпадает с территорией, на которой может проявиться оползневая опасность, то $P_S = 1$.

7.4.8 Величина экономической уязвимости V_E изменяется от 0 до 1 и определяет степень повреждений, которые наступят, если произойдет оползневое смещение. Наибольшая уязвимость присуща объектам, находящимся на границах оползня, так как при смещении они будут испытывать неравномерную осадку.

7.4.9 При оценке вероятности поражения объекта оползневой опасностью в пространстве и его экономической уязвимости рекомендуется использовать средние скорости развития процесса оползневого смещения, а также средние скорости деформаций зданий и сооружений.

7.4.10 Полное значение экономического риска определяется суммой частных рисков и включает рассмотрение всех возможных оползневых событий и всех объектов на исследуемом участке.

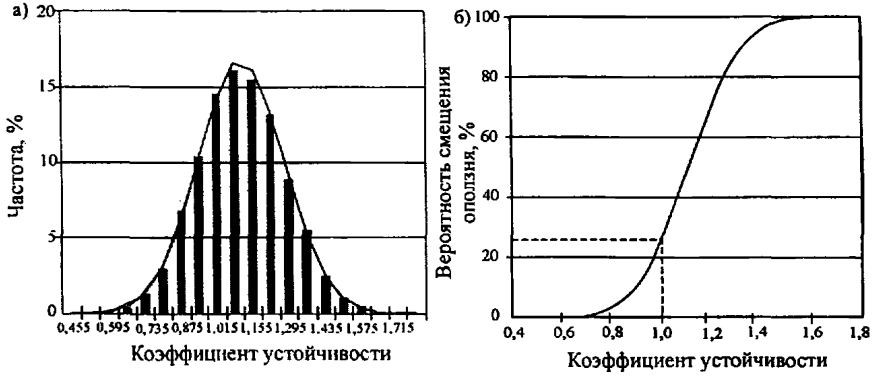


Рисунок 2 – Кривые (а, б) плотности распределения значений коэффициента устойчивости оползневого склона

7.4.11 Социальный риск следует оценивать для одномоментных оползневых опасностей, проявляющихся в виде быстрых смещений со скоростью более 3–5 м/мин, по формуле

$$R_S = P_H \cdot P_S \cdot P_T \cdot V_S, \quad (4)$$

где R_S – риск погибнуть или получить травму от оползневого смещения, численно равный вероятности данного события для населения, находящегося в пределах оцениваемого объекта, чел./год;

P_T – вероятность поражения населения оползневой опасностью во времени;

V_S – социальная уязвимость населения для оползневой опасности.

7.4.12 Вероятность поражения населения во время активизации оползня P_T определяется относительной продолжительностью нахождения людей в пределах зоны воздействия оползня и оценивается величиной от 0 до 1.

7.4.13 Оценка социальной уязвимости V_S определяется вероятностью телесных повреждений и оценивается величиной от 0 до 1. Рекомендуемые значения данного параметра приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Рекомендуемые значения социальной уязвимости V_S

Описание возможной ситуации	Социальная уязвимость V_S	Описание возможных последствий
Человек находится на открытой местности		
Человек засыпан сместившимся грунтом	0,8–1,0	Высокая вероятность летального исхода вследствие удушения
Человек находится в транспортном средстве		
Транспортное средство засыпано сместившимся грунтом	0,9–1,0	Очень высокая вероятность летального исхода вследствие удушения
Транспортное средство получило только внешние повреждения	0,1–0,3	Низкая вероятность получения травм
Человек находится в здании		
Здание разрушено	0,9–1,0	Очень высокая вероятность летального исхода вследствие полученных травм
Здание засыпано сместившимся грунтом	0,8–1,0	Высокая вероятность летального исхода
Здание получило только внешние повреждения	< 0,1	Очень низкая вероятность получения травм

7.4.14 При определении величины V_S также необходимо учитывать:

- скорость смещения (чем медленнее движется оползень, тем большая вероятность покинуть опасный участок);
- объем оползневых масс (с большей вероятностью люди могут оказаться под завалами грунта крупного оползня);
- степень защиты человека (находится в транспортном средстве или здании);
- расположение людей в момент начала смещения (людям, находящимся на теле оползня, легче обнаружить начало движения и покинуть зону поражения, чем людям, находящимся ниже, на которых движется оползневая масса).

7.4.15 Для повышения эффективности последующего использования полученных данных в ходе количественной оценки оползневой опасности и риска рекомендуется результаты выражать также и в качественных критериях.

7.4.16 Пример определения оползневой опасности на участке автомобильной дороги методом количественной оценки приведен в приложении И.

7.5 Определение допустимого уровня риска

7.5.1 Полученный в ходе оценки результат сравнивается с допустимым уровнем оползневого риска, который назначается различным для инженерных объектов и населения.

7.5.2 При качественных и полуколичественных методах оценки суждение о допустимости риска выносится группой экспертов-исполнителей на основании критериев, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 – Качественная характеристика уровней допустимого риска

Обозначение категории оползневого риска	Качественная характеристика оползневого риска	Уровень риска
R1	Очень высокий	Недопустимый уровень риска, требуется срочное снижение до «низкого» или «среднего»
R2	Высокий	Недопустимый уровень риска, требуется снижение до «низкого»
R3	Средний	В некоторых ситуациях может быть допустимым при условии одобрения заказчиком, рекомендуется снижение до «низкого»
R4	Низкий	В большинстве случаев является допустимым уровнем риска
R5	Очень низкий	Допустимый уровень риска

7.5.3 При количественных методах оценки для сооружений допустимый уровень устанавливается совместно с представителями заказчика исходя из среднегодовой величины финансовых потерь, которые он готов принять при эксплуатации рассматриваемого участка дороги. Для жизни людей рекомендуемый уровень приведен в таблице 7.

7.5.4 По окончании процедуры оценки делается анализ неопределенностей и точности полученных результатов. Основными источниками неопределенностей являются недостаточность информации о закономерностях взаимодействия оползнеобразующих факторов, а также неизбежные допущения и ограничения при моделировании оползневых ситуаций.

7.5.5 Для недопустимого уровня риска в случае значительных неопределенностей разрабатываются рекомендации и предложения по проведению дополнительных инженерно-геологических изысканий с

целью получения необходимых данных для проведения более достоверной оценки в рассматриваемых условиях.

Таблица 7 – Рекомендуемый уровень допустимого риска для жизни и здоровья людей

Оцениваемая ситуация	Частота событий в год
Существующие склоны и откосы, находящиеся в стабильном состоянии	$< 10^{-5}$
Выявленные участки развития оползневых процессов; участки нового строительства, которое влияет на устойчивость земляного полотна	$< 10^{-6}$

7.5.6 Результаты оценки оползневой опасности и риска являются основой для определения необходимости, состава, объема и последовательности реализации защитных мероприятий.

8 Управление оползневой опасностью и риском

8.1 Концепция противооползневой защиты на основе управления оползневой опасностью и риском

8.1.1 Управление оползневой опасностью и риском представляет собой систему действий по реализации и контролю эффективности решений, принятых по результатам оценки риска с целью достижения и/или поддержания допустимого его уровня, и включает:

- определение состава контролирующих мероприятий на участках допустимого уровня риска;
- установление состава и очередности работ на участках с недопустимым уровнем риска;
- реализацию принятых решений;
- контроль их эффективности.

8.1.2 Если результат оценки риска соответствует критерию допустимого, то решения в рамках управления сводятся к контролю инженерно-геологической ситуации в составе мероприятий по содержанию автомобильных дорог и сооружений инженерной защиты, (периодические осмотры, диагностика и т. п.). В сложных инженерно-геологических условиях и/или при использовании технологически и конструктивно сложных или новых противооползневых сооружений следует также предусматривать мониторинг (подраздел 8.3).

8.1.3 В случае недопустимого уровня оползневого риска необходимо:

- избежать угрозы (обхода оползневого участка путем переноса трассы на безопасную территорию, строительства эстакады и др.);

- снизить вероятность оползневого события (строительство сооружений инженерной защиты, уменьшение эксплуатационных нагрузок на земляное полотно и др.);

- снизить величину ущерба;

- осуществить страхование отдельных объектов дорожного хозяйства;

- проводить дополнительные изыскания и уточнять величину риска на основе количественных методов, если выполнялась качественная или полуколичественная оценка;

- осуществить на участке регулярные наблюдения.

8.1.4 Очередность и вид работ, их ориентировочный состав и стоимость по укрупненным показателям определяются по результатам качественной и полуколичественной оценки риска на стадии предпроектных проработок.

8.1.5 При разработке проектной документации на инженерную защиту состав мероприятий уточняется на основе вариантного проектирования (подраздел 8.2).

8.1.6 Перечень рекомендуемых мероприятий для обеспечения инженерной защиты участков автомобильных дорог в зависимости от категории оползневого риска приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Рекомендуемые мероприятия инженерной защиты в зависимости от категории оползневого риска

Категория оползневого риска	Рекомендуемые мероприятия
1	2
R1	Эксплуатация участка дороги должна быть по возможности приостановлена. Необходимо незамедлительное устройство временных креплений для повышения устойчивости и организация строительства постоянных противооползневых сооружений (свайных, анкерных, габионных, армогрунтовых и др.)
R2	Эксплуатация участков дороги должна быть по возможности ограничена (запрет на проезд грузовых автомобилей, уменьшение количества действующих полос движения и др.). Требуется возведение постоянных противооползневых сооружений
R3	Дальнейшая эксплуатация участка возможна при выполнении мероприятий по повышению его уровня устойчивости. Комплексная инженерная защита необходима только на ограниченной территории, основные мероприятия направлены на предотвращение развития оползнеобразующих факторов (регулирование стока поверхностных вод, противоэрозионная защита, дренажи мелкого заложения, лесопосадочные мероприятия и др.)

Окончание таблицы 8

1	2
R4	Эксплуатация дороги при фактических нагрузках возможна без ограничений. Рекомендуется устройство вспомогательных сооружений инженерной защиты
R5	Эксплуатация участка возможна без проведения каких-либо технических или организационных мероприятий по повышению безопасности при своевременном выполнении плановых ремонтно-профилактических работ

8.1.7 Контроль эффективности принятых инженерных решений осуществляется посредством мониторинга (подраздел 8.3), обследований и других мероприятий, по результатам которых периодически повторяется процесс оценки оползневой опасности и риска. При необходимости производится пересмотр решений и корректировка рабочей документации с последующей своевременной реализацией разработанных мероприятий.

8.2 Вариантное проектирование инженерной защиты на основе оценки оползневой опасности и риска

8.2.1 Вариантное проектирование выполняется с целью определения оптимального решения инженерной защиты, т. е. экономически целесообразных мероприятий, обеспечивающих безопасное функционирование участков автомобильных дорог в районах развития оползневых процессов.

8.2.2 В зависимости от причин, вызывающих оползни, предусматривают следующие мероприятия и их комбинации:

- регулирование поверхностного стока атмосферных осадков;
- отвод хозяйственно-бытовых вод;
- дренирование подземных вод;
- каптаж струйных течений, выходящих на поверхность;
- защиту берегов от боковой эрозии;
- защиту грунтов от выветривания;
- уменьшение крутизны склонов и откосов;
- устройство удерживающих сооружений;
- повышение прочностных свойств грунтов и др.

8.2.3 Варианты инженерной защиты на конкретном участке определяются на основании анализа факторов оползневой опасности. Проектирование и расчет сооружений следует выполнять в соответствии со СНиП 22–02–96 (СП 47.13330.2012) и рекомендациями [2].

Примечание – Рекомендуется также рассмотреть вариант, не предусматривающий проведения инженерных мероприятий.

8.2.4 При необходимости проектная организация может обосновать выполнение мониторинга или других работ на конкретном участке,

позволяющих следить за динамикой развития склоновых процессов и состоянием сооружений.

8.2.5 Результаты сравнения вариантов представляются в виде графических зависимостей вероятности смещения грунтов (как основного показателя оползневой опасности) и стоимости строительно-монтажных работ от вида противооползневых мероприятий.

8.2.6 Критерием выбора оптимального решения является наименьшая величина суммарного показателя «опасность + относительная стоимость».

8.2.7 Алгоритм определения комплекса необходимых противооползневых мероприятий на основе вариантного проектирования включает следующие действия:

- расчет устойчивости склона (откоса) участка автомобильной дороги;
- анализ полученных результатов расчета;
- определение вариантов инженерной защиты на основе опыта проектирования (включая рассмотрение возможности функционирования участка дороги без проведения мероприятий);
- вероятностные расчеты устойчивости склона (откоса) автомобильной дороги с учетом каждого из вариантов инженерной защиты;
- расчет стоимости каждого варианта по укрупненным показателям;
- определение относительной стоимости каждого из вариантов (в процентах от наибольшей) с учетом поправочного коэффициента, изменяющегося от 0,25 до 1, в зависимости от категории автомобильной дороги и инженерно-геологических условий;
- построение в одной графической области зависимостей оползневой опасности от вида мероприятий (в порядке возрастания их стоимости) и относительной стоимости строительно-монтажных работ (в порядке ее возрастания) от вида мероприятий;
- построение в этой же графической области кривой «опасность + относительная стоимость» путем суммирования величин оползневой опасности и относительной стоимости мероприятий по каждому из вариантов;
- определение оптимального решения, соответствующего экстремуму на графике и представляющего собой наименьшую величину суммарного показателя «опасность + относительная стоимость»;
- анализ результатов и выбор варианта противооползневых мероприятий.

8.2.8 Пример вариантного проектирования инженерной защиты автомобильных дорог от оползневых процессов приведен в приложении К.

8.3 Геотехнический мониторинг

8.3.1 Геотехнический мониторинг проводится на всех этапах оценки и управления с целью выявления и прогнозирования оползневых процессов, влияющих на безопасность участков автомобильных дорог.

8.3.2 На этапе выявления факторов оползневой опасности геотехнический мониторинг позволяет установить причины и особенности развития оползневого процесса, определить соответствующие параметры факторов его активизации (интенсивности дождя, силы сейсмического колебания и др.). Эта информация также используется для построения системы оповещения в рамках реализации на участке программы долгосрочного мониторинга.

8.3.3 В случае значительных неопределенностей и погрешностей, полученных при оценке величины риска, на основе краткосрочного мониторинга уточняются механизм развития и количественные характеристики оползневого процесса. Полученная в ходе наблюдений информация позволяет провести повторную оценку величины риска.

8.3.4 Основными задачами долгосрочного геотехнического мониторинга как мероприятия управления оползневой опасностью являются выявление и прогнозирование изменений инженерно-геологических условий исследуемого участка, идентификации новых уровней риска и в случае приближения их к критическому значению – своевременное оповещение заинтересованных сторон.

8.3.5 Геотехнический мониторинг также обеспечивает контроль выполнения программы работ по снижению степени оползневой опасности. Для оценки эффективности принятых мер на участке режимные наблюдения необходимо вести до начала выполнения противооползневых мероприятий и затем продолжать на стадиях их строительства и эксплуатации. Это позволяет при необходимости своевременно реализовывать дополнительные защитные мероприятия или корректировать рабочую документацию строящихся противооползневых сооружений.

8.3.6 Геотехнический мониторинг выполняется согласно ГОСТ Р 22.1.01–95, ГОСТ Р 53778–2010, СП 11–105–97 (часть II) и рекомендаций [1] по заранее разработанной программе, которая также включает ориентировочный состав мероприятий в случае активизации оползневого смещения и соответствующие уровни тревоги.

8.3.7 Состав и периодичность наблюдений рекомендуется определять исходя из геологических особенностей и категории риска исследуемого участка (таблица 9). Продолжительность и частота наблюдений уточняются в зависимости от скорости изменения напряженно-деформированного состояния массива грунта.

8.3.8 Маршрутные наблюдения проводятся с целью выявления текущих изменений в структуре и динамике оползневого процесса, обнаружения опасных зон напряжений и участков, находящихся в предельном состоянии. Наблюдения проводят с периодичностью, установленной программой, а также после прохождения интенсивных ливней, землетрясений (5 баллов и выше), снеготаяния и при дополнительных техногенных воздействиях (подрезке, пригрузке склона и т. д.).

8.3.9 На участках со средним уровнем риска к маршрутным наблюдениям добавляются регулярные геодезические и геофизические измерения. Геодезическую съемку рекомендуется проводить 1 раз в месяц, геофизическую – 1 раз в квартал.

8.3.10 Геодезические работы ведутся в соответствии со СНиП 3.01.03–84 (СП 126.13330.2012) и СП 11–104–97 с использованием стандартного оборудования или с применением систем глобального спутникового позиционирования с целью определения величин и скорости деформаций сооружений, смещения поверхностного слоя грунта, уточнения границ склоновых процессов.

8.3.11 В задачи геофизических работ входят наблюдения за геологическими и гидрогеологическими условиями, а также оценка влияния изменений свойств и влажности грунтов на устойчивость склона. Их рекомендуется выполнять с учетом типа существующих или прогнозируемых процессов, по створам, проходящим через разведочные выработки. Выбор метода геофизического наблюдения и порядок работ осуществляются в соответствии с СП 11–105–97 (часть VI).

Таблица 9 – Вид геотехнического мониторинга на участке автомобильной дороги в зависимости от категории оползневого риска

Категория оползневого риска	Вид геотехнического мониторинга	Частота наблюдений
R1	Непрерывные инструментальные наблюдения	От 2 до 6 раз в сутки
R2	Периодические инструментальные наблюдения	От 1 до 4 раз в месяц
R3	Геодезические и геофизические наблюдения	От 1 до 4 раз в квартал
R4	Маршрутные наблюдения	От 4 до 6 раз в год
R5	Наблюдения в рамках эксплуатационного обслуживания дороги	-

8.3.12 В состав периодических инструментальных наблюдений входят: маршрутные, геодезические, геофизические наблюдения и геотехнические измерения. Используемое геотехническое оборудование подразделяется на следующие группы:

- устройства контроля напряжений в грунте, на контакте грунта и удерживающего сооружения, а также в теле удерживающего сооружения (датчики нагрузки и давления);
- устройства контроля перемещений и деформаций (инклинометры, экстензометры, трещиномеры и т. п.);
- устройства контроля положения и порового давления грунтовых вод (индикаторы уровня воды и пьезометры);
- дополнительное оборудование (переносные метеорологические станции, регистраторы сейсмических колебаний, системы сбора и хранения данных и др.).

8.3.13 Места размещения измерительного геотехнического оборудования выбираются в зависимости от особенностей исследуемого участка, при этом различные виды оборудования рекомендуется располагать в одном створе для возможности проведения поверочных расчетов.

8.3.14 При непрерывном мониторинге измерения, обработка, накопление и передача информации осуществляются с минимальными интервалами времени с использованием средств автоматизации. Полученная информация интегрируется в программно-аппаратную систему, которая осуществляет сравнение измеренных параметров с предельными допустимыми значениями и имеет функцию аварийного оповещения.

8.3.15 Точность систем наблюдения должна обеспечивать достоверность получаемой информации, результатов измерений и согласованность между отдельными элементами системы. При изменении внешних условий окружающей среды необходимо обеспечить стабильность параметров измерительных устройств (вносить поправки в результаты измерений в зависимости от температуры, влажности воздуха и др.). Использование современных средств мониторинга не только гарантирует своевременное поступление необходимой информации, но и резко сокращает трудоемкость работ за счет замены полевых наблюдений и измерений дистанционными.

8.3.16 В процессе выполнения работ по мониторингу заказчику регулярно предоставляются промежуточные отчеты с полученными результатами для принятия оперативных решений по управлению оползневой опасностью. В случае возникновения деформаций или других явлений, отличающихся от прогнозируемых и представляющих угрозу для автомобильной дороги или прилегающих объектов, необходимо незамедлительно информировать об этом заинтересованные организации.

8.3.17 При активизации оползневых явлений частоту наблюдений рекомендуется увеличить. Если в течение продолжительного периода времени рост деформаций отсутствует, то принимается решение об уменьшении частоты наблюдений или сокращении состава работ по мониторингу вплоть до его полного прекращения.

9 Рекомендуемые требования к качеству выполняемых работ

9.1 Рекомендуемые требования к методическому и техническому обеспечению работ

9.1.1 Все работы по исследованию оползневой опасности на склонах, прилегающих к автомобильным дорогам, должны выполняться, как правило, специализированными изыскательскими, проектно-изыскательскими или научными организациями, имеющими опыт проведения инженерно-геологических, гидрогеологических, инженерно-геофизических работ и геотехнических расчетов, а также соответствующие допуски саморегулирующей организации (СРО) на выполнение данных работ.

9.1.2 Для обеспечения полноты получаемых материалов, высокого методического уровня проведения работ и интерпретации получаемых данных техническое задание должно предусматривать научное сопровождение независимыми экспертами (подраздел 9.5), имеющими высокую профессиональную квалификацию, авторитет и большой опыт практической работы в данной области. Научное сопровождение должно проводиться на всех этапах выполнения работ.

9.1.3 Средства измерений, применяемые при выполнении работ по оценке оползневой опасности, подлежат государственному метрологическому контролю и надзору, выполняемому аккредитованными метрологическими службами в порядке, установленном Госстандартом России.

9.2 Рекомендуемые требования к персоналу

9.2.1 Работы по инженерному обследованию автомобильных дорог и прилегающих склонов относятся к категории опасных. Все лица, участвующие в этой работе, должны строго соблюдать действующие Правила техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании дорог, а также другие ведомственные правила и инструкции. При выполнении работ по обследованию непосредственно на дороге должны соблюдаться требования Инструкции по организации движения и ограждению мест производства работ.

9.2.2 Рекомендуется не допускать к проведению работ мелкие неспециализированные организации, которые в силу краткосрочности работ, их малых объемов, отсутствия опыта и недостатка квалифицированных кадров, а также с учетом чрезвычайной сложности и специфичности природных условий, не способны правильно оценить инженерно-геологические условия исследуемого участка.

9.2.3 Изыскательские и научные организации должны работать в тесном сотрудничестве со службой эксплуатации автомобильных дорог и с проектным отделом.

9.3 Рекомендации по составлению технического задания и программы работ

9.3.1 Техническое задание на выполнение работ по исследованию оползневой опасности на автомобильных дорогах составляется заказчиком и должно включать:

- описание цели и задач выполняемых работ;
- общую характеристику объекта исследования (местонахождение участка автомобильной дороги, ее технический класс, интенсивность транспортного потока, особенности режима эксплуатации, перечень всех сооружений, имеющихся на рассматриваемом участке в пределах полосы отвода и в непосредственной близости от нее);
- указания стадии проектирования, строительства или реконструкции сооружений;
- перечень всех нормативных документов, включая документы добровольного применения, требования которых должны учитываться подрядчиком при выполнении работ;
- требования к составу, форме и порядку представления отчетной документации;
- требования к научному сопровождению работ;
- сроки выполнения работ и их этапность.

9.3.2 Заказчик может включить в техническое задание прямое указание на использование определенных методов исследования, аппаратурных средств измерения физических величин и их необходимую точность, а также программных средств, применяемых для расчетов устойчивости склонов и электронного представления технической документации.

9.3.3 Программа работ по исследованию оползневой опасности на автомобильных дорогах составляется подрядчиком на основе технического задания и проверяется экспертами, выполняющими научное сопровождение работ. Программа должна содержать:

- полный перечень всех видов работ, которые будут проводиться для выполнения всех поставленных задач, а также их объемы с

обоснованием их достаточности и оптимальности для выполнения требований нормативных документов, указанных в техническом задании;

- полный перечень всех используемых методов оценки оползневой опасности;

- описание любых нестандартных методов и подходов, а также модификаций стандартных методик и авторских разработок, включая программные средства и пакеты, с научным обоснованием их применимости в конкретном случае;

- основные положения для установления критериев допустимого уровня риска;

- организационные и экономические ограничения по управлению оползневой опасностью;

- требования к достоверности получаемых результатов.

Подтверждение правомерности использования любых нестандартных методических процедур экспертом, осуществляющим научное сопровождение работ, является обязательным.

9.3.4 При составлении программы работ рекомендуется использовать четкие количественные критерии, характеризующие объемы и особенности применяемых методик выполнения работ. Целесообразно данную информацию предоставлять в обобщенной табличной форме, что особенно удобно при отслеживании прогресса выполнения работ и их полноты.

9.4 Рекомендуемые требования к отчетным материалам

9.4.1 Результаты оценки оползневого риска во всех случаях должны оформляться по согласованию с заказчиком в виде пояснительных записок к картам оползневой опасности, заключений, отчетов или глав в соответствующих разделах проектной и рабочей документации. Отчетные материалы, передаваемые заказчику, состоят из текстовой и графической частей, а также приложений. Итоговый материал должен оформляться в соответствии с требованиями нормативных документов и государственных стандартов Минтранса России.

9.4.2 Текстовая часть технического отчета должна содержать:

- сведения о поставленных задачах;
- местоположение района (площадки, трассы);
- характер исследуемых объектов;
- сведения о видах и объемах работ, сроках их проведения;
- сведения об исполнителях работ;
- анализ архивных материалов;
- характеристику инженерно-геологических условий участка, прогноз возможных изменений и рекомендации по учету особенностей этих

условий при строительстве, реконструкции и эксплуатации автомобильной дороги с детальностью, отвечающей стадии разработки технической документации;

- полную характеристику всех выявленных оползневых процессов с указанием типов и подтипов по механизму смещения, морфологии и степени активности в настоящее время, а также объемов и масштабности проявления;

- сводный перечень выявленных факторов оползневой опасности с их количественным и качественным описанием;

- прогноз развития оползневых процессов: общий долгосрочный по всей трассе автомобильной дороги и локальный краткосрочный на отдельных ее участках;

- описание применяемого метода оценки оползневой опасности (качественного, полуколичественного или количественного);

- определение допустимого уровня риска;

- оценку оползневой опасности и риска на всех исследуемых участках;

- рекомендуемые мероприятия по управлению оползневой опасностью;

- сведения о полноте и качестве выполненных работ;

- выводы;

- список использованных литературных, фондовых, архивных источников.

9.4.3 При изложении сведений об исполнителе работ необходимо приводить информацию о государственной регистрации организации и наименование зарегистрировавшего его органа, наличии допуска СРО на соответствующие виды работ (номер, срок действия, наименование СРО, выдавшей допуск), перечень исполнителей.

9.4.4 Графическая часть отчета о выполненных работах должна содержать карты, планы, разрезы, профили, графики, таблицы параметров (характеристик, показателей), каталоги данных, содержащих основные результаты изучения, оценки и прогноз возникновения и развития оползневой опасности.

9.4.5 В состав приложений к техническому отчету должны включаться копии технического задания заказчика и программы работ, а также заключение эксперта (экспертов), осуществлявших научное сопровождение работ.

9.4.6 Структуру и содержание технического отчета о выполненных работах (составе и содержании разделов, графических и текстовых документов) необходимо устанавливать в соответствии с требованиями настоящих рекомендаций, технического задания заказчика с учетом положений нормативных документов на производство инженерных изысканий.

9.5 Научное сопровождение работ

9.5.1 Под научным сопровождением понимается комплекс работ научно-аналитического, методического, информационного, контрольного и организационного характера в процессе изысканий, проектирования и строительства для обеспечения безопасности зданий и сооружений. Эти работы должны выполняться экспертами (научными организациями или физическими лицами), имеющими высокую профессиональную квалификацию, авторитет и большой опыт практической работы в данной области.

9.5.2 Привлечение экспертов для научного сопровождения работ по исследованию оползневой опасности на автомобильных дорогах следует считать обязательным.

9.5.3 Работы по научному сопровождению работ по оценке оползневой опасности на автомобильных дорогах включают:

- проверку и корректировку программы работ, составленной подрядчиком на основании технического задания заказчика, на предмет корректности выбора методики и методов проведения работ, включая методы расчета устойчивости склонов, оценки оползневой опасности, их адекватности поставленным задачам, а также обеспечения оптимального соотношения методов исследования для получения исчерпывающей информации;

- контроль за правильным выбором технических средств, необходимых для соблюдения методики выполнения работ, а также процедурой самих работ (выборочно) и качеством получаемой информации. При этом основные усилия экспертов должны быть направлены на содействие подрядчику в выполнении технически и методически наиболее сложных работ;

- проверку и при необходимости корректировку расчетов устойчивости и оценки риска на типичных участках;

- составление заключения по итогам выполненных работ, в котором должны быть отражены соответствие выполненных работ программе исследований, качество проведенных работ, достоверность полученной информации, надежность выполненного прогноза развития оползневых процессов и адекватность рекомендуемых мер инженерной защиты сооружений автомобильных дорог.

9.5.4 Стоимость научного сопровождения включается в общую стоимость работ по договору и, как правило, должна составлять от 5% до 8% стоимости проектно-изыскательских или от 1% до 2% стоимости строительно-монтажных работ.

9.5.5 Выбор экспертов для научного сопровождения работ является исключительной прерогативой заказчика.

Приложение А
Классификация оползневых процессов и явлений

В практическом отношении для инженерного изучения оползневых явлений наиболее важными их характеристиками, по которым следует проводить и классификацию оползней, являются механизм смещения, определяющий кинематику процесса и основные контролирующие его факторы; строение оползневых тел (морфологии), определяющее объемы, глубину зоны смещения и возможность применения тех или иных мер инженерной защиты; степень активности в настоящее время, определяющая необходимость немедленного применения мер инженерной защиты, подходы к прогнозу развития процесса и режимным наблюдениям. При этом механизм смещения характеризует прежде всего оползневой процесс, а строение и степень активности – оползневые явления или их совокупность. Рекомендуемая классификация оползневых процессов по механизму смещения представлена в таблице А.1, а по степени активности в настоящее время и морфологии оползневых явлений – соответственно в таблицах А.2 и А.3.

Таблица А.1 – Классификация оползневых процессов по механизму смещения пород

Тип оползневого процесса по механизму смещения грунтов	Подтип оползневого процесса	Грунты, в которых наиболее типично развитие данного типа процесса	Общий характер проявления
1	2	3	4
Оползни скольжения	Консеквентные	Прослои менее прочных грунтов – чаще пластичных глинистых или выветрелых полускальных и скальных в толще более прочных, а также поверхности ослабления, наклоненные в сторону склона	Смещение блоков горных пород по поверхностям ослабления с их постепенной дезинтеграцией
	Инсеквентные	Дисперсные, полускальные и скальные грунты с субгоризонтальным или обратным склону залеганием слоев	Отрыв и смещение циркообразных блоков горных пород по вогнутой поверхности с запрокидыванием

Окончание таблицы А.1

1	2	3	4
Оползни выдавливания (детрузивные)	Не выделяются	Пластичные глинистые или выветрелые полускальные грунты, перекрываемые более прочными грунтами значительной мощности	Развитие деформаций ползучести в зоне сдвига с выдавливанием грунта во фронтальной части и запрокидыванием блоков перекрывающих прочных пород
Оползни вязкопластического течения	Оползни-потоки	Слаболитифицированные пластичные связные грунты	Течение грунтовой массы, иногда очень медленное, с формированием вытянутых тел в ложбинах на пологих склонах
	Сплывы		Течение грунтов на увлажненных участках крутых склонов
	Оползни внезапного разжижения, в том числе сейсмогенные	Водонасыщенные песчаные, лессовые и глинистые грунты	Быстрое течение грунтовой массы в сторону понижения рельефа, часто с отдачей влаги
Сложные	Могут выделяться по сочетанию разных механизмов смещения	-	Смещения в разных частях оползневого тела имеют разный механизм, чаще всего переход оползней скольжения или выдавливания в оползни-потоки в языковой части
Переходные	Не выделяются	-	Переход иных склоновых процессов в оползневой в пределах единого геологического тела (оползни-обвалы и др.)

Таблица А.2 – Классификация оползневых явлений по степени активности

Тип оползневых явлений по степени активности	Подтип по времени формирования	Особенности проявления
Активные	Современные	Отчетливая выраженность в рельефе оползневых форм, в том числе мелких (ступеней, стенок срыва, трещин отседания, борозд течения, западин, валов и др.)
Относительно стабильные (приостановившиеся)		Тела, на которых имеются признаки недавних смещений, однако их амплитуда невелика и в силу морфологии склона и особенностей строения тела подвижки не могут быть значительными
Стабильные	Древние	Существенно эродированные, без следов недавних смещений тела, приуроченные к более древним базисам эрозии

Таблица А.3 – Морфологическая классификация оползневых явлений

Тип строения оползневого тела	Мощность оползня, м	Характерные типы и подтипы по механизму смещения
Оплывина	До 1 м	Недавние оползни скольжения, сплывы
Неглубокий оползень	1–5 м	Оползни скольжения
Глубокий оползень	Свыше 5 м	Оползни скольжения, оползни выдавливания
Оползень-поток	Не регламентируется	Оползни-потоки, оползни внезапного разжижения

Приложение Б
Методика сейсмического исследования оползневого массива

Проводить полевые сейсморазведочные работы на теле оползня необходимо с использованием современных линейных сейсмостанций. Наиболее распространенные сейсмостанции, используемые для производства сейсморазведочных работ, это Лакколит Х2 (производство ООО «Логические системы», г. Раменское), Диоген (производство ООО «Диоген», г. Москва), Элисс-3 (производство ООО «Геосигнал», г. Москва).

Для получения детальной картины строения оползня до глубин 30–60 м необходимо использовать 48–96-канальные наблюдения. Шаг между каналами 2 м. В таком случае длина расстановки сейсмостанций будет достигать 94–190 м. Для достижения необходимой разрешающей способности по глубине шаг по пунктам возбуждения должен быть не менее 6–8 м.

Для уточнения положения тела оползня в пространстве, а также определения направления скольжения необходимо проводить площадные наблюдения. Для этого следует делать 3–5 профилей по падению на теле оползня и 1–2 профиля на участке, не затронутом оползнем. Расстояние между профилями выбирается из размеров тела оползня и составляет 10–20 м. Для увязки продольных профилей необходимо сделать еще 1–2 профиля поперек простирания основного профиля.

При профильных наблюдениях работать необходимо на двух типах волн: продольных и поперечных (реализовывать Z–Z и Y–Y расстановки, рисунок Б.1). В дальнейшем это даст возможность пересчитывать скоростные разрезы в разрезы отношений скоростей распространения продольных V_s и поперечных V_p волн (V_s/V_p) и разрезы коэффициентов Пуассона. Данные параметры являются деформационными характеристиками и являются наиболее информативными для решения геологических задач на оползневых склонах. Пример систем расположения профилей приведен на рисунке Б.2.

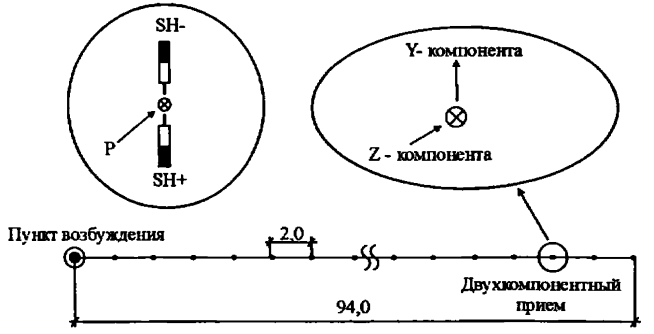


Рисунок Б.1 – Схема двухкомпонентных наблюдений (размеры даны в метрах)

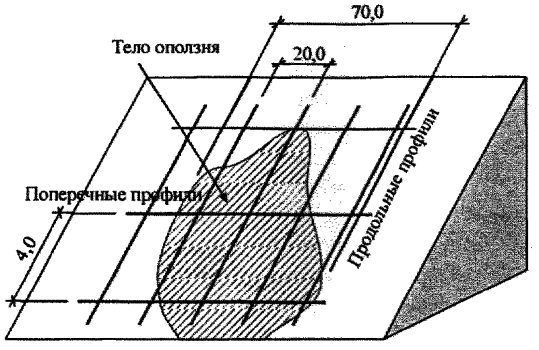


Рисунок Б.2 – Пример сети сейсмических профилей на поверхности оползня (размеры даны в метрах)

Помимо указанной площадной методики возможны также варианты проведения трехмерных сейсморазведочных работ. Трехмерные работы представляют собой наблюдения, при которых приемники покрывают все тело оползня, источники перемещаются по площади. Данная методика ведет к существенному удорожанию и увеличению сроков выполнения работ, однако в результате решения обратной задачи получаются более достоверные разрезы с повышенной детальностью.

Производство данного вида работ накладывает ограничения на применяемую аппаратуру и средства обработки. При производстве работ необходимо задействовать как можно большее число регистрирующих каналов (до 200–400). Организация такого количества принимающих каналов представляется возможной только при использовании телеметрических сейсморазведочных станций. Среди наиболее распространенных телеметрических станций, производимых в России, следует отметить SGD-SEL (производство «ГеоФизПрибор», г. Новосибирск), ТЭЛСС-1 (производство ООО «Геосигнал», г. Москва).

Большинство оползневых склонов имеют сильно расчлененный, иногда сильно залесенный рельеф. Кроме этого, в большинстве случаев оползни имеют сложное геологическое строение, никак не вписывающееся в горизонтально-слоистую модель среды. Все это накладывает ограничения на большинство методов, традиционно используемых при сейсмических исследованиях, таких, как МОВ-ОГТ, КМПВ.

Для решения поставленных геологических задач на теле оползня обработку полевых материалов целесообразно проводить методом первых вступлений с использованием алгоритмов сейсмической томографии. В настоящее время существует достаточное количество программного обеспечения как российского, так и иностранного производства. Среди наиболее популярных программ российского производства можно выделить ПК «Годограф» (автор В.Б.Пийп,

МГУ), ZondST2D (автор А.Н.Каминский, ООО «ГеоЗонд», г. Санкт-Петербург). Среди иностранных программных комплексов – Reflex (разработчик фирма Sandmeier Software, Германия).

Для получения более достоверного результата сейсмической томографии в программу обработки данных методом сейсмической томографии необходимо вводить априорную геологическую информацию. Данный подход позволяет получить более достоверный с геологической точки зрения результат.

В результате обработки полевых данных строятся разрезы распределения деформационных параметров. В результате геологической интерпретации с привлечением скважинных данных разрезы можно разделить по блокам и привести в соответствие каждому блоку какой-то определенный набор слоев. В случае, если были проведены работы на площади, то для получения представления о распределении физического параметра в пространстве, возможно построение псевдотрехмерной модели оползня с помощью специального программного обеспечения (например, Golden Software Voxler).

В отчете о результатах сейсмических исследований на теле оползня приводятся геологические результаты в виде геолого-геофизических профилей и/или в 3-мерном представлении (если проводилась соответствующая съемка), сопоставление их с результатами других видов геофизических исследований (если они проводились) и результатами контрольного бурения. В него также должна входить оценка степени решения поставленной перед сейсморазведкой конкретной задачи и степень выполнения технического задания в целом. В графические приложения входят схема расположения профилей в заданном в техническом задании масштабе, полевые сейсмограммы (рисунок Б.3), построенные годографы по профилям (рисунок Б.4), геолого-геофизические глубинные разрезы по всем сейсмическим профилям (рисунок Б.5) и/или геолого-геофизический куб данных и др.

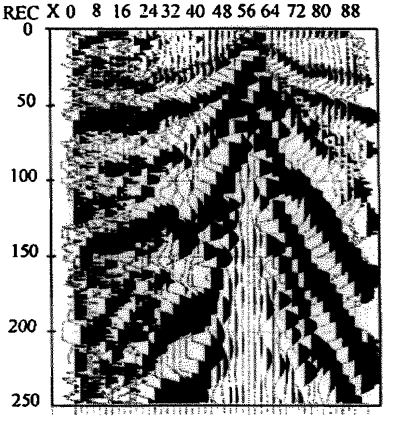


Рисунок Б.3 – Пример полевой сейсмограммы на Z–Z расстановке

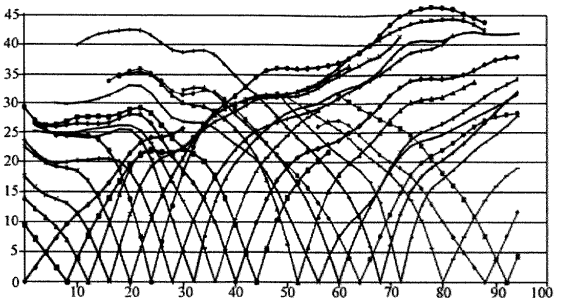


Рисунок Б.4 – Пример годографов на профиле с расстановкой Z–Z

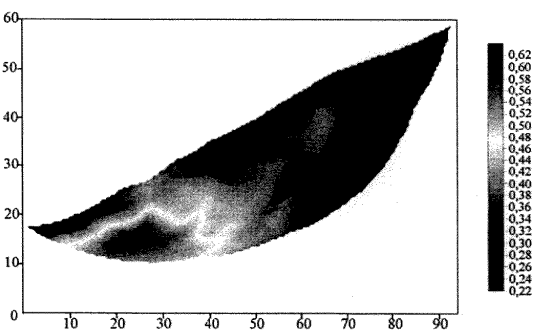


Рисунок Б.5 – Пример сейсмических глубинных разрезов в изолиниях отношений V_s/V_p скоростей

Приложение В
Методика георадиолокационного исследования оползневого массива

В настоящее время существует множество фирм, производящих георадары как в России, так и за рубежом. Как правило, выпускаемые продукты отличаются качеством сборки и удобством выполнения работ, в то время как технические характеристики, отвечающие за качество получаемого материала, находятся примерно на одинаковом уровне. Кроме Георадара Зонд-12е (производство «НПФ Радарные Системы», г. Рига, Латвия) многоцелевого назначения, работающего в диапазоне частот от 38 МГц до 2 ГГц, можно рекомендовать георадар отечественного производства ОКО фирмы ООО «Логические системы». В состав аппаратуры для георадиолокационных исследований входят георадар, антенный блок, аккумулятор, ноутбук или блок управления, одометр или датчик GPS (рисунок В.1).

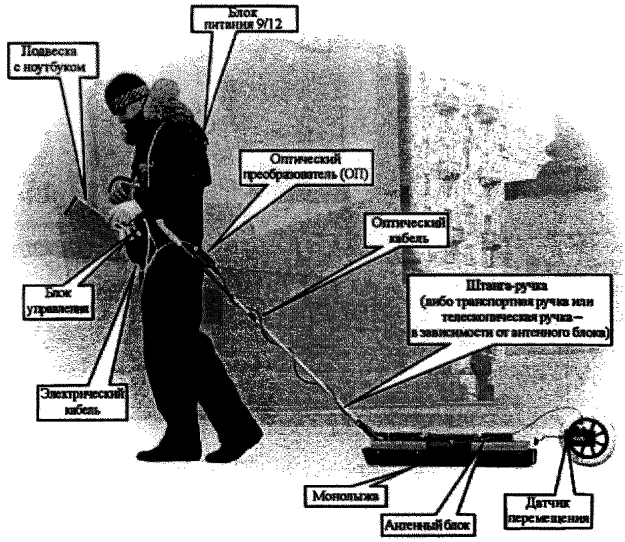


Рисунок В.1 – Общий вид георадара ОКО в процессе работы

Антенны для георадара различаются центральной частотой зондирующего импульса в диапазоне 75–2000 МГц. Чем более высокочастотная антенна, тем меньше глубинность зондирования, но выше разрешающая способность. Соответственно, при использовании более низкочастотной антенны глубинность исследований увеличивается, а детальность ухудшается. Выбор антенны зависит от поставленной задачи. Например, при исследованиях с целью картирования геологических границ, следует использовать более низкочастотные антенны, а при задачах исследования армирования в строительных конструкциях,

определения толщины железобетонных плит, стен – более высокочастотные антенны.

Антенные блоки АБ-90 и АБ-400 – экранированные, построены по схеме с оптической развязкой, приемный и передающий блоки питаются от отдельных блоков питания, а для передачи сигнала ИЗП от приемного блока к передающему используется съемный оптический кабель. Глубина зондирования у антенного блока АБ-90 составляет 18 м, разрешающая способность по глубине 0,5 м. Глубина зондирования при работе с антенным блоком АБ-400 – 5 м, разрешающая способность по глубине 0,15 м.

Предельная глубина зондирования для антенн указана по паспорту приборов и зависит от типа грунта, так по мере увеличения влажности и глинистости глубина зондирования будет уменьшаться соответственно до 8–10 и 3 м, например, во влажных суглинистых грунтах.

При использовании антенных блоков АБ-400 и АБ-90 решаются задачи по исследованию осыпного материала, определению геометрии и характеристик осыпи (оползня); поиска УГВ и зеркала скольжения оползневого тела.

Однако для определения физических свойств грунтов необходимо изучать регистрируемое волновое поле без искажения фильтрами. В этом случае необходимо помнить, что в некоторых приборах фильтр высоких частот встроен в прибор и не способен отключаться по требованию пользователя. Данные, получаемые на таких приборах, непригодны для полноценного динамического анализа.

Большинство приборов являются сборными и состоят из отдельного блока управления и сменных антенн с различными характеристиками. Основными характеристиками антенн являются диаграмма направленности и частота.

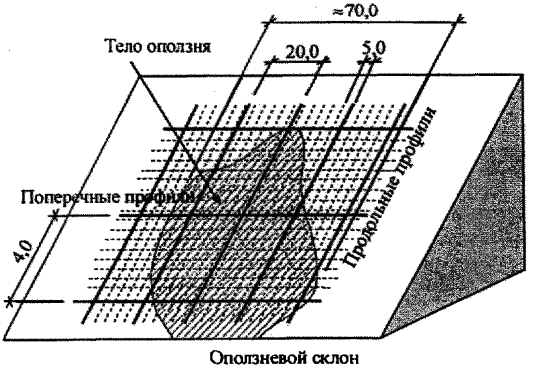
Экранированные антенны имеют диаграмму направленности, ориентированную в исследуемый грунт. Такие антенны в меньшей степени подвержены влиянию воздушных помех (деревьев, стен зданий, рекламных щитов и т.д.), что актуально при работах в лесах, городах, вдоль дорог.

Частота оказывает прямое влияние на глубинность и детальность работ: чем выше частота, тем больше детальность, но меньше глубинность. При проведении полевых работ георадиолокационные профили рекомендуется располагать по следующим правилам: удобнее и проще интерпретировать прямой профиль, он должен располагаться перпендикулярно изучаемой структуре (оползню), на своем протяжении должен включать как нетронутые грунты, так и оползневое тело, т. е. начинаться или заканчиваться профиль должен вне оползня. Выполнение этих правил не обязательно, но в большинстве случаев упрощает выделение границ и объектов внутри оползня, а также позволяет оценить контраст физических характеристик коренных и оползневых пород.

При небольших размерах оползневого тела и высокоомных грунтов возможно создание сетки наблюдений, состоящей из большого числа параллельных профилей. Такие работы называются «псевдо 3-D» или 2,5-D и позволяют построить трехмерную модель оползня. На рисунке В.2 показано расположение профилей опорной георадиолокационной сети и детальной съемки 2,5-D для построения трехмерного изображения – куба данных. После обработки

результатов георадиолокационной съемки по профилям опорной сети возможна корректировка расположения и размеров площади георадиолокационной съемки.

Контрольное (заверочное) бурение с отбором проб для лабораторного анализа предполагается проводить по результатам георадиолокационной съемки в местах пересечения профилей опорной сети.



– профили опорной сети; – профили псевдо 3-D съемки

(размеры даны в метрах)

Рисунок В.2 – Схема расположения профилей на оползневом склоне

Обработка георадарных данных может протекать в двух параллельных направлениях: для обнаружения отражающих границ внутри оползня и определения физических свойств среды. Граф обработки данных для обнаружения отражающих границ может содержать загрузку данных, геометрические параметры, частотную фильтрацию для выделения полезного сигнала, прочие процедуры математической обработки данных (подавление «звона» антенны, двумерную фильтрацию, предсказывающую деконволюцию, преобразование Гильберта и др.).

При обработке данных 2,5-D ко всей системе параллельных профилей применяется одинаковый граф обработки. Затем в специальных программах (например, RadExplorer или 3-D Gazer) осуществляется построение трехмерных картин. В результате обработки вдоль всех георадиолокационных профилей будут получены временные разрезы – разрезы с вертикальной осью в масштабе времени, являющиеся отображением геологической среды в поле электромагнитных волн. С помощью обработки на этих разрезах подчеркивается поле полезных отраженных от границ в грунте волн на фоне помех и шумов.

Определение физических свойств среды основано на определении диэлектрической проницаемости грунтов. Как показано в многочисленной литературе, изменение диэлектрической проницаемости осадочных пород преимущественно связано со степенью водонасыщения. Таким образом, с большой долей вероятности можно утверждать, что разрезы диэлектрической проницаемости являются разрезами обводненности грунтов.

Определение внутреннего строения тела оползня является классической задачей георадиолокации. В случае выполнения условия относительно высокоомного разреза (удельное электрическое сопротивление более 30 Ом), по полученным данным можно выделить различные горные породы или породы различной степени сохранности, зеркало скольжения и т.д.

По результатам 2,5-D исследований появляется возможность оконтурить тело оползня в любом направлении, увидеть его объемное строение. Построение разрезов диэлектрической проницаемости фактически дает распределение влажности с глубиной и по профилю.

Результаты георадиолокационной съемки приводятся в виде геолого-геофизических профилей или в 3-мерном представлении (если проводилась соответствующая съемка). Полученные данные сопоставляются с результатами других видов геофизических исследований (если они проводились) и результатами контрольного бурения. Заключение технического отчета по проведенным изысканиям содержит оценку степени решения поставленной перед георадиолокационной съемкой конкретной задачи и степень выполнения технического задания в целом. В состав графических приложений технического отчета входят схема расположения профилей в заданном в техническом задании масштабе съемки, георадиолокационные (временные) разрезы – полевые записи (рисунок В.3), разрезы с результатами интерпретации и шкалой глубин или указанием глубин выделенных геологических объектов (рисунок В.4), глубинные разрезы по всем георадиолокационным профилям или геолого-геофизический куб данных, его срезы в масштабе технического задания (рисунок В.5).

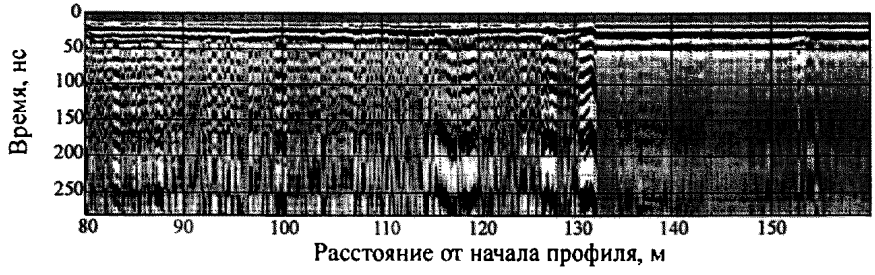


Рисунок В.3 – Пример георадиолокационного (временного) разреза



Рисунок В.4 – Пример глубинного разреза после обработки с элементами интерпретации

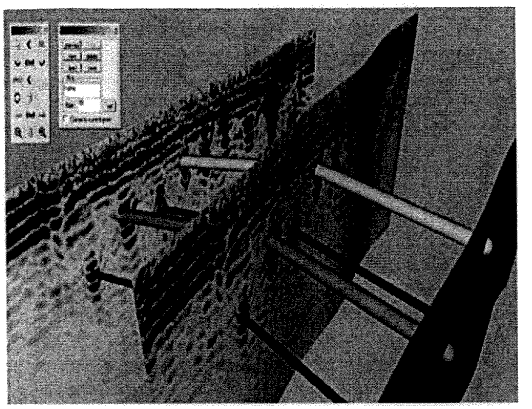


Рисунок В.5 – Пример трехмерных построений в программе RadExplorer

Приложение Г
Определение типа и консистенции связного грунта в полевых условиях

Для экспресс-оценки тип связного грунта можно установить на месте производства работ, используя визуальные признаки, приведенные в таблице Г.1, а ориентировочное значение его влажности определить по формуле

$$W_ф = J_L(1 - a) + a, \qquad (Г.1)$$

где $W_ф$ – влажность в долях от предела текучести;

J_L – показатель консистенции грунта, принимаемый по таблице Г.2;

а – коэффициент, принимаемый равным для супесей 0,7–0,75; суглинков 0,6–0,65; глин 0,45–0,5 (меньшие значения принимаются по мере увеличения содержания в грунте глинистых частиц).

Таблица Г.1 – Определение типа связного грунта в полевых условиях

Разновидность грунтов	Состояние грунтов				
	при растирании на ощупь	сухое	влажное	влажное при	
				скатывании	сдавливании
Супесь	Преобладают песчаные частицы	Комья легко рассыпаются и крошатся при надавливании	Мало пластичное	Трудно скатывается в шнур диаметром от 3 до 5 мм	Образуется комок, который при легком надавливании рассыпается
Супесь пылеватая	При растирании напоминает сухую муку	То же	При частом ударе ладонью легко отдает воду	То же	Комок при сотрясении растекается в лепешку, выделяя на поверхность капиллярную воду
Суглинок легкий	При растирании песка на ощупь мало; комочки раздавливаются легко	Комья и куски сравнительно тверды, но раздавливаются рукой	Пластичность и липкость малые, похожи на слегка подогретый стеарин	Длинного шнура не образуется	Комок при сдавливании образует лепешку с трещинами по краям
Суглинок пылеватый	То же, пылевато-глинистых частиц заметно больше песчаных	То же, но с трудом	Пластичное и липкое	Скатывается шнур диаметром от 2 до 3 мм	То же
Суглинок тяжелый	При растирании слабо чувствуется присутствие песчаных частиц	Комья и куски сравнительно тверды, при ударе молотком рассыпаются, образуется дресва	То же, но в большей степени	Скатывается в длинный шнур диаметром от 1 до 2 мм	То же

Т а б л и ц а Г.2 – Определение консистенции грунта в полевых условиях

Консистенция грунта	Внешние проявления свойств грунта
Суглинки и глины	
Твердая $J_L < 0$	Влажность не ощущается; грунт разминается с большим усилием; при ударе молотком рассыпается на куски; при растирании пылит
Полутвердая $0 < J_L < 0,25$	При сжатии в горсть чувствуется влага и холод; при ударах рассыпается на куски, почти не лепится, но режется ножом
Тугопластичная $0,25 < J_L < 0,5$	В руке ощущается влажность; большие куски разминаются с трудом; палец руки слегка оставляет отпечаток, но вдавливается в грунт при сильном нажатии, лепится тяжело
Мягко-пластичная $0,5 < J_L < 0,75$	Грунт влажный, легко принимает различные формы при лепке; палец вдавливается в грунт легко на глубину нескольких сантиметров
Текуче-пластичная $0,75 < J_L < 1,0$	Грунт мокрый, при лепке не держит заданную форму, прилипает к рукам, разминается легко
Текучая $J_L > 1$	Грунт водонасыщенный, в спокойном состоянии расползается и растекается, способен течь по наклонной плоскости толстым слоем
Супеси	
Твердая $J_L < 0$	Влажность не ощущается; образец при сжатии в ладони рассыпается, при разрушении пылит
Пластичная $0 < J_L < 1$	Образец легко разминается рукой, хорошо формируется и сохраняет приданную форму; при сжатии в ладони ощущается влажность
Текучая $J_L > 1$	Образец легко деформируется от незначительного нажима и растекается

Приложение Д
Пример заполненной анкеты визуального обследования оползневого участка

Пример заполненной анкеты визуального обследования оползневого участка, расположенного на км 60+900 – км 60+945 автомобильной дороги Р254 г. Майкоп – г. Туапсе, приведен в таблице Д.1.

Таблица Д.1 – Анкета визуального обследования участка автомобильной дороги Р254 г. Майкоп – г. Туапсе, км 60+900 – км 60+945

Параметр	Описание
1	2
Обследование проводили	Главный специалист (Ф.И.О.) Инженер (Ф.И.О.)
Дата обследования	25.10.2012 г.
Погодные условия	Ясно, 19°С
Наименование обследуемой дороги	Региональная автомобильная дорога Р254 г. Майкоп – г.Туапсе
Расположение участка по ходу километража	км 60+900 – км 60+945
Ближайший населенный пункт	г. Хадыженск
Количество полос движения	2
Состояние дорожной одежды	По ширине одной полосы движения дорожная одежда просела на глубину до 10 см; в покрытии сформировались трещины шириной до 5 см, являющиеся бортами проявившегося оползня; имеются следы недавнего ремонта
Расположение склона относительно дороги	Справа снизу
Длина участка вдоль дороги	45 м
Высота склона	17 м
Заложение склона	От 15° до 25°
Тип пород	В обнаруженном обнажении наблюдается почвенный слой толщиной до 0,5 м, ниже которого располагаются суглинки с гравийными включениями; выход коренных пород не обнаружен
Растительный покров	Залесен, отмечено наличие «пьяного» леса и поваленных стволов деревьев; тело оползня поросло влаголюбивой растительностью (папоротником и ажиной)
Экспозиция склона	Северная
Особенности рельефа	Рельеф выположен, мелкобугристый, с ярко выраженными валами выпирания

Продолжение таблицы Д.1

1	2
Описание оползневого процесса	Оползень сдвига консеквентный; высота оползневых накоплений в языке оползня составляет порядка 0,5 м
Стадия оползневого процесса	Активно подготавливающееся оползневое смещение; на обнаженных участках породы следов выветривания не обнаружено; присутствуют недавно поваленные деревья
Ориентировочная мощность оползня	До 7 м
Трещины отрыва	Формирующиеся перпендикулярно азимуту падения склона дугообразные трещины отрыва длиной до 10 м и шириной раскрытия до 5 см
Деятельность поверхностных и подземных вод	Участок склона обводнен, о чем говорит влаголюбивая растительность; в западинах отмечаются блюдца воды
Размыв языка оползня рекой	Отсутствует
Процессы выветривания	Отсутствуют
Сейсмическая активность	По предварительной оценке сейсмичность рассматриваемого участка составляет 8 баллов по шкале MSK-64
Краткое описание противоположного склона	Противоположный склон имеет заложение 20°, залесен и задернован; отмечаются отдельные группы деревьев с небольшими углами наклона стволов в сторону дороги; на участке развит крип, формирующий саблевидную форму юной древесной поросли
Техническое состояние подпорных стен	Подпорные стены на участке отсутствуют
Техническое состояние вспомогательных сооружений инженерной защиты	С верховой стороны вдоль обочины дороги располагается железобетонный водоотводящий лоток; русло лотка заилено и локально засыпано наползшим грунтом; техническое состояние оценивается как ограниченно работоспособное
Здания и сооружения, попадающие в зону влияния	Отсутствуют
Контакты организации, осуществляющей эксплуатацию	КубАвтоДор Главный инженер (Ф.И.О.) Контактный телефон
Контакты местных жителей	Отсутствуют

Окончание таблицы Д.1

1	2
Предварительные выводы	Склон имел вековую устойчивость и сформировавшиеся гидрогеологические особенности; хорошая фильтрация лесных почв и толщи суглинистых отложений обеспечивали баланс подземного стока при его разгрузке; подвижки грунта были минимальны и периодические После строительства дороги гидрогеология низовой части склона нарушена, что привело к уменьшению расхода подземных вод, образованию гидростатического давления перед дорогой и росту гидродинамического давления при фильтрации подземного потока; вероятнее всего это и послужило причиной активизации оползневого процесса
Предварительные рекомендации	Очистить существующий водоотводный лоток Провести детальные инженерно-геологические изыскания Усилить низовой склон свайным или свайно-анкерным сооружением Устроить дренаж с низовой стороны для снятия части подземного стока и подпора, создаваемого им Восстановить покрытие дорожной одежды Вести постоянные наблюдения (мониторинг)
Фотоприложения	IMG567 – Общий вид участка дороги IMG568-578 – Покрытие проезжей части IMG579 – Общий вид оползневого склона IMG580-589 – Верховая часть склона IMG590-597 – Низовая часть склона IMG598-602 – Бугры выпирания IMG603-612 – Противоположный склон IMG613-619 – Водоотводный лоток

Составил: _____ (Ф.И.О.) _____ (подпись)

Проверил: _____ (Ф.И.О.) _____ (подпись)

Согласовал: _____ (Ф.И.О.) _____ (подпись)

Приложение Е
Перечень основных факторов формирования и развития оползневых процессов

Таблица Е.1 – Факторы формирования и развития оползневых процессов

Наименование фактора	Тип фактора	Краткое описание фактора
1	2	3
Геологическое строение	I	Влияние геологических условий на формирование оползневых явлений определяется мощностью и условиями залегания покровных отложений и подстилающих коренных пород; физико-механическими, прочностными и деформативными свойствами; наличием и положением относительно поверхности склона контакта между породами с различными свойствами; наличием зон ослабления и др. Для генетических групп коренных и слабовыветрелых пород характерно развитие оползней скольжения. Смещение происходит либо по увлажненной плоскости напластования, либо по тектоническим трещинам. Для элювиально-делювиальных пород характерны пластические деформации, оползни-потоки, сплывы и медленная ползучесть рыхлых покровных образований
Рельеф	I	Рельеф влияет на характер распределения покровных отложений, условия дренирования и т. д. С уменьшением крутизны мощность смещаемой толщи для оползней, развивающихся в покровных отложениях, возрастает. От заложения дневной поверхности и высоты зависит распределение напряжений в массиве грунта: на крутом склоне нижняя его часть сжата, а верхняя растянута, что часто приводит к образованию вертикальных трещин
Экспозиция склона	I	Ориентация склона в пространстве определяет величину поступающей инсоляции (солнечной радиации), что оказывает влияние на его увлажненность. При этом необходимо учитывать, что величина инсоляции зависит также и от крутизны склона, так как определяется углом падения солнечных лучей
Режим атмосферных осадков	IIа	Атмосферные осадки увлажняют породы склонов и образуют временные водоносные горизонты, повышая постоянные уровни грунтовых вод. Степень влияния атмосферных осадков на устойчивость склонов зависит от их количества, продолжительности выпадения и коэффициента испаряемости. При ливне высокой интенсивности, но небольшой продолжительности суммарная инфильтрация и ее глубина невелики. В этом случае наиболее вероятно возникновение неглубоких смещений. При интенсивности осадков меньше величины проницаемости вода напрямую поступает в массив грунта, что может привести к активизации глубинного оползня. Вследствие большого различия в испарении зимой и летом степень устойчивости зависит также и от времени их выпадения. Это явление можно оценить количественно, учитывая сезонные колебания прочности пород, массу профильтровавшихся осадков и т. д.

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3
Режим грунтовых вод	IIа	Действие грунтовых вод на устойчивость склона связано с изменением прочности пород и воздействием гидростатического и гидродинамического давлений. Гидростатическое давление, взвешивая грунтовый скелет, снижает нормальные напряжения в плоскости сдвига. Гидродинамическая составляющая не только увеличивает сдвигающие силы в направлении фильтрации, но также приводит к выносу мелких частиц рыхлой породы (суффозии). Это способствует увеличению пористости грунта и снижению его внутреннего сцепления
Сейсмическое воздействие	IIа	При сейсмических сотрясениях ускорение колебаний развивает в теле оползня инерционные силы, вызывающие оползневые подвижки под действием сил гравитации. При сильных землетрясениях в оползневом массиве возникают резонансные колебания, вызывающие отслоения пород массива и формирование плоскости скольжения. Степень сейсмической опасности зависит не только от рельефа, геологического строения и физико-механических свойств слагающих склон пород, но и от их водного режима – наибольшая активность отмечается в период максимальной увлажненности пород
Растительность	IIа	Степень влияния растительности на устойчивость склона зависит от ее вида (деревьев, кустарников или травяного покрова), типа корневой системы (стержневой или распластанной) и глубины ее проникновения в грунт. Разветвленная корневая система формирует плотную естественную сеть, увеличивая связность и прочность грунтового массива. В случае, если интервал между деревьями с глубокими корнями достаточно мал, то они образуют систему упоров, способную предотвратить поверхностные смещения. Растительность также оказывает влияние и на гидрологическую ситуацию: перехватывает и удерживает значительные объемы воды, что снижает обводненность массива
Воздействие речного потока	IIа и IIб	Необратимые изменения устойчивости связаны с интенсивной боковой эрозией основания склона, в результате которой уничтожаются участки аккумулятивных образований и коренных пород. Размыв сопровождается увеличением средней крутизны склона и, соответственно, ростом касательных напряжений в грунтовом массиве. Одновременно происходит разуплотнение и набухание пород, сопровождающееся уменьшением их прочности. Наличие и интенсивность процесса размыва зависят от скорости течения реки, колебаний объема твердого стока, метеорологических условий выпадений осадков, прочности породы, местных искривлений водной поверхности и др. Временная составляющая связана с изменением положения подземных вод в грунтовом массиве при колебаниях уровня реки. Наиболее опасным является случай быстрого снижения горизонта воды, при котором кривая депрессии не успевает сформироваться, и склон в пределах всей глубины влияния оказывается под воздействием гидродинамического давления и насыщен водой

Окончание таблицы Е.1

1	2	3
Процессы выветривания	IIб	Процессы выветривания влияют на состав и свойства пород в сторону снижения их прочностных характеристик. Фактор физического выветривания в первую очередь необходимо учитывать при оценке устойчивости вновь закладываемых откосов, когда вскрываются новые горизонты грунтов. Наиболее активно процессы выветривания протекают в глинистых породах нижнего мела и палеоген-неогена (аргиллитах, глинистых алевролитах, мергелях). Данные породы при обнажении быстро теряют монолитность и превращаются в щебенисто-дресвяную массу. В условиях последующего увлажнения породы разрушаются до состояния слабоуплотненных глин, поддающихся интенсивному размыву и оплыванию
Антропогенное воздействие	IIб	В ходе строительства и эксплуатации дорог возможны следующие негативные воздействия: подрезка и пригрузка склонов, интенсификация процессов выветривания обнаженных пород, неорганизованный сброс поверхностных вод, динамические нагрузки от движущихся транспортных средств и др. Особое внимание на откосах дорожных выемок необходимо уделять производству профилактических срезок оползневого косогора с целью создания резервной площадки у его основания как одной из причин активизации старых и древних оползней

Примечание – Приведенный перечень факторов формирования и развития оползневых процессов дополняется и корректируется с учетом инженерно-геологических особенностей конкретного участка автомобильной дороги.

Приложение Ж
Пример качественной оценки оползневой опасности

В качестве примера рассмотрен участок автомобильной дороги Р254 г. Майкоп – г. Туапсе, км 60+900 – км 60+945, описание которого приведено в приложении Д. Основной причиной активизации оползневого процесса на участке является изменение естественного гидрогеологического режима в ходе инженерной деятельности человека. После строительства дороги часть грунтовых массивов была срезана, понижения рельефа засыпаны, а движение строительного и грузового транспорта вызвало уплотнение грунтов склона под дорожной одеждой. Это привело к образованию баражного эффекта и увеличению сдвигающих сил за счет фильтрационного давления.

На основании данных, предоставленных эксплуатирующей организацией, известно, что подготовка оползневого смещения наблюдается уже в течение трех лет. Об этом также свидетельствуют неоднократный ремонт покрытия проезжей части. Стабилизации деформаций на участке не ожидается, что определяется двумя обстоятельствами. Во-первых, в языковой части оползня отсутствуют естественный контрбанкет или пологие участки, способные удержать сползающие массы. Во-вторых, через уже образовавшиеся широкие трещины дождевая вода напрямую проникает в грунт, уменьшая его прочностные свойства, что постепенно снижает удерживающие силы по поверхности скольжения. Ухудшение ситуации стоит ожидать в осенне-зимний период, когда на рассматриваемой территории выпадает значительно количество атмосферных осадков, а испаряемость минимальна. Постепенно деформации будут накапливаться и в ближайшие 1–1,5 года приведут к обрушению земляного полотна автомобильной дороги. Отсюда следует, что, согласно таблице 1 (см. подраздел 7.2), вероятность смещения на участке характеризуется как «весьма возможное».

В ходе ожидаемого смещения будет полностью разрушена одна из полос движения, что приведет к образованию заторов на участке и нарушению сообщения между крупными населенными пунктами. Протяженность оползневого участка вдоль дороги, равная 45 м, приведет к значительным материальным затратам на его восстановление. Поскольку в зоне влияния оползневого процесса объекты гражданского или промышленного назначения отсутствуют, то возможные последствия можно охарактеризовать всего лишь как «крупные» (см. таблицу 2, подраздел 7.2). Таким образом, согласно пункту 7.2.5, оползневый риск на участке является «высоким» и требует разработки плана защитных мероприятий по его снижению. Выбор оптимального варианта осуществляется на основе количественных методов оценки оползневой опасности после проведения детальных инженерно-геологических изысканий.

Приложение З
Пример полуколичественной оценки оползневой опасности

В качестве примера приведена методика полуколичественной оценки оползневой опасности на участках автомобильных дорог Краснодарского края. По результатам анализа исходных материалов и данных визуального обследования установлены основные факторы оползневой опасности. В качестве факторов формирования и развития оползневого процесса определены рельеф, деятельность поверхностных и подземных вод, растительный покров, экспозиция склона, интенсивность процессов выветривания, сейсмическое воздействие, нагрузка от автомобильной дороги, техническое состояние подпорных стен и вспомогательных сооружений инженерной защиты. Величину возможных последствий определяют значимость автомобильной дороги, степень повреждения проезжей части, мощность грунта, вовлекаемого в смещение, а также наличие прилегающих объектов.

По результатам анализа архивных материалов о прошлых оползневых событиях на оцениваемой территории определено статистическое распределение факторов оползневой опасности. Данным показателям определены соответствующие баллы, учитывающие интенсивность их проявления и степень воздействия (таблицы 3.1, 3.2). Величины баллов не являются строго фиксированными, при необходимости и соответствующем обосновании могут изменяться в большую или меньшую сторону в зависимости от инженерно-геологических особенностей конкретного участка.

В качестве метода интегрирования частных оценок используется комбинированный способ (см. пункт 7.3.8). Вероятность смещения P представлена в виде произведения интегральной суммы показателей предрасположенности к смещению H на коэффициент активности оползневого процесса A

$$P=A\cdot\sum_{i=1}^{H=12}K_i\cdot t_i\,. \qquad (3.1)$$

Категория возможного ущерба D определяется исходя из суммы частных коэффициентов B, которые учитывают возможные экономические последствия

$$D=\sum_{i=1}^{B=5}K_i\cdot t_i. \qquad (3.2)$$

Получившиеся интервалы баллов ранжируются по пяти категориям, качественное описание которых приведено в пункте 7.2.4. При определении граничных значений учтено, что не все рассматриваемые факторы могут быть представлены на одном и том же участке автомобильной дороги. Категория оползневой опасности устанавливается по матрице риска (см. пункт 7.2.5). Результат оценки оползневой опасности участка автомобильной дороги Р254 г. Майкоп – г. Туапсе, км 60+900 – км 60+945 представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.1 – Балльная шкала оценки вероятности смещения

Факторы влияния	Обозначение фактора	Характеристика фактора	Оценочный балл оползневого фактора t_i	Коэффициент значимости оползневого фактора K_i
1	2	3	4	5
Высота склона, м	H_1	До 5	0	4
		До 10	1	
		До 15	2	
		> 15	3	
Крутизна склона, град.	H_2	До 15	0	5
		До 30	1	
		До 45	2	
		До 60	3	
		> 60	4	
Насыщение грунтовыми водами	H_3	Видимых проявлений нет	0	4
		Выход грунтовых вод в подножье склона	1	
		Выход струйных течений	2	
		Водонасыщенные грунты	3	
		Рыхлые водонасыщенные грунты	4	
Размыв основания склона рекой	H_4	Размыв отсутствует	0	4
		Незначительная боковая эрозия	1	
		Значительный размыв	2	
		Активный размыв	3	
Растительный покров	H_5	Залесен и задернован	0	2
		Имеются единичные деревья	1	
		Слабо задернован	2	
		Растительность отсутствует	3	
Экспозиция склона	H_6	Южная	0	1
		Западная или восточная	1	
		Северная	2	
Выветривание	H_7	Не выявлено	0	2
		Слабое	1	
		Среднее	2	
		Сильное	3	

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5
Сейсмическая активность, балл	H_8	≥6	0	3
		7	1	
		8	2	
		9	3	
		>9	4	
Трещины отрыва	H_9	Отсутствуют	0	5
		Сеть незначительных трещин	1	
		Трещины отрыва < 3 см	2	
		Трещины отрыва > 3 см	3	
		Стенки срыва грунта	4	
Количество полос движения	H_{10}	Не оказывает влияния	0	3
		1	1	
		2	2	
		3	3	
		≥4	4	
Состояние подпорных стен	H_{11}	Исправное	0	5
		Работоспособное	1	
		Ограниченно работоспособное	2	
		Аварийное	3	
Состояние вспомогательных сооружений	H_{12}	Исправное	0	2
		Работоспособное	1	
		Ограниченно работоспособное	2	
		Аварийное	3	
Активность оползневого процесса	A	Стабилизированная	-	0,8
		Временно стабилизированная		1,0
		Активно развивающаяся		1,4
Категория вероятности смещения	P	P5	0 – 25	
		P4	25 – 50	
		P3	50 – 75	
		P2	75 – 100	
		P1	≥ 100	

Таблица 3.2 – Балльная шкала оценки возможного ущерба

Факторы влияния	Обозначение фактора	Характеристика фактора	Оценочный балл оползневого фактора t_i	Коэффициент значимости оползневого фактора K_i
Значимость автомобильной дороги	B_1	Местная	1	3
		Межмуниципальная	2	
		Региональная	3	
		Федеральная	4	
		Международная	5	
Повреждение конструкции дорожной одежды	B_2	Не выявлено	0	4
		Обочины	1	
		Дорожной одежды: до 25%	2	
		до 50 %	3	
		до 75 %	4	
		> 75 %	5	
Протяженность опасного участка вдоль дороги, м	B_3	Развитие оползневого процесса вдоль дороги не выявлено	0	3
		До 10	1	
		До 20	2	
		До 50	3	
		До 100	4	
		> 100	5	
Глубина смещения, м	B_4	Оползень не выявлен	0	1
		До 1	1	
		До 3	2	
		До 5	3	
		До 7	4	
		> 7	5	
Прилегающие объекты, находящиеся под угрозой оползня	B_5	Обочины отсутствуют	0	5
		Незначительные хозяйственные строения	1	
		Инженерные коммуникации	2	
		Промышленные и жилые здания	3	
Категория возможного ущерба	D	D5	0 – 15	
		D4	15 – 25	
		D3	25 – 35	
		D2	35 – 50	
		D1	≥ 50	

Т а б л и ц а И.3 – Полуколичественная оценка оползневой опасности на участке дороги г. Майкоп – г. Туапсе, км 60+900 – км 60+945

Факторы влияния	Обозначение фактора	Характеристика фактора	Оценочный балл оползневого фактора t_i	Коэффициент значимости оползневого фактора K_i
Высота склона, м	H_1	17	3	4
Крутизна склона, град.	H_2	20	1	5
Насыщение грунтовыми водами	H_3	Сильно водонасыщенные	4	4
Размыв основания склона рекой	H_4	Отсутствует	0	4
Растительный покров	H_5	Склон задернован, имеются единичные деревья	1	2
Экспозиция склона	H_6	Северная	2	1
Выветривание	H_7	Отсутствует	0	2
Сейсмическая активность, балл	H_8	8	2	3
Трещины отрыва	H_9	Сформировавшиеся трещины с шириной более 3 см	3	5
Количество полос движения	H_{10}	2	2	3
Состояние подпорных стен	H_{11}	Подпорные стены отсутствуют	0	5
Состояние вспомогательных сооружений	H_{12}	Ограниченно работоспособное	2	2
Активность оползневого процесса	A	Активно развивающийся	-	1,4
Категория вероятности смещения	P	P2 (95,2 балла) – оползневое смещение весьма возможно		
Значимость автомобильной дороги	B_1	Межмуниципальная	2	2
Повреждение проезжей части автомобильной	B_2	До 75 % проезжей части	4	4
Протяженность опасного участка вдоль дороги, м	B_3	45	3	3
Глубина смещения, м	B_4	7	4	1
Прилегающие объекты	B_5	Отсутствуют	0	5
Категория возможного ущерба	D		D2 (35 балла) – крупный ущерб от оползневого смещения	
Категория оползневого риска	R		R2 (P2;D2) – высокий уровень оползневого риска	

Приложение И
Пример количественной оценки оползневой опасности

В качестве примера рассмотрен участок автомобильной дороги Р254 г. Майкоп – г. Туапсе, км 60+900 – км 60+945, описание которого приведено в приложении Д. Поскольку в зоне влияния оползневого процесса сооружения гражданского или промышленного назначения отсутствуют, то экономический риск определяется для одного объекта – земляного полотна автомобильной дороги.

Основной причиной оползневых процессов на участке является повышенное гидростатическое давление. Согласно данным наблюдений эксплуатирующей организации, активизация движения происходит после прохождения сильных ливней интенсивностью более 40–50 мм/сут. На основании анализа архивных материалов метеорологических служб установлено, что частота ливней данной интенсивности составляет 1 раз в 1,5 года или 0,67 случаев/год. Вероятность смещения от данного события устанавливается на основании вероятностного моделирования с использованием метода прогнозной экстраполяции Монте-Карло. Как видно из полученных результатов, представленных на рисунке И.1, вероятность смещения в данных условиях составляет 0,78. Отсюда следует, что, согласно пункту 9.5.9, повторяемость оползневого события в пределах исследуемой территории равна

$$P_H = 0,67 \cdot 0,78 = 0,52 \text{ случаев/год.}$$

Поскольку оползневое тело расположено с низовой стороны дороги, а трещины отрыва образовались на самом полотне проезжей части, то, согласно пункту 9.5.12, вероятность поражения оползневой опасностью участка в пространстве составляет $P_S = 1$. Таким образом, в случае обрушения повреждение дороги произойдет со 100%-й вероятностью.

Оцениваемый объект является линейным сооружением и, следовательно, величина экономической уязвимости в рассматриваемом случае определяется степенью возможных повреждений после оползневого смещения (45 м одной проезжей части из двух имеющихся), приведенной к единице длины (1 км)

$$V_E = \frac{45 \cdot 0,5}{1000} = 0,02.$$

Стоимость объекта до его повреждения, согласно данным эксплуатирующей организации, составляет 900 млн. р./км. Таким образом, удельный экономический риск от реализации оползневой опасности на участке автомобильной дороги Р254 г. Майкоп – г. Туапсе, км 60+900 – км 60+945, согласно пункту 9.5.8, составляет

$$R_E = 0,52 \cdot 1 \cdot 0,02 \cdot 900 = 9,36 \text{ млн. р./(км·год).}$$

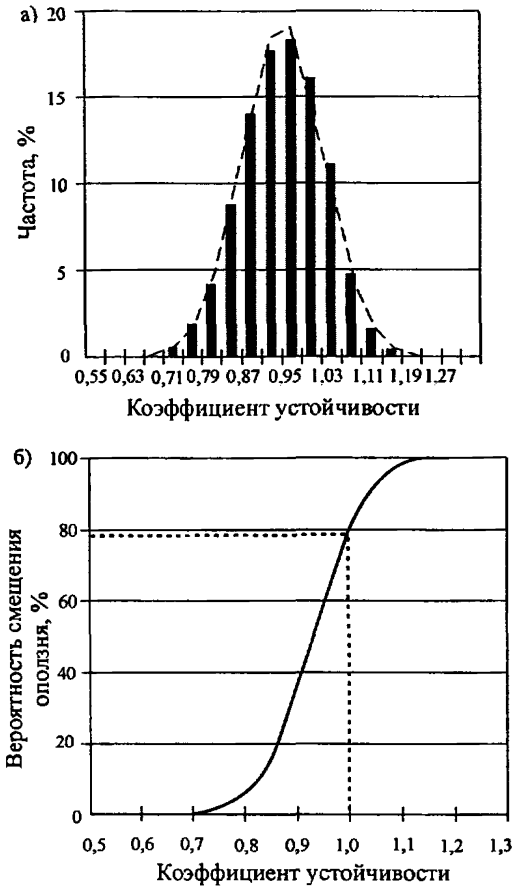


Рисунок И.1 – Кривые (а, б) плотности распределения значений коэффициента устойчивости участка автомобильной дороги Р254 г. Майкоп – г. Туапсе, км 60+900 – км 60+945

В случае лавинообразного обрушения земляного полотна величину социального риска определяют по формуле (4). Вероятность поражения населения во время активизации оползня в рассматриваемом примере определяется по формуле

$$P_T = \frac{N' \cdot N'' \cdot L}{v}, \qquad (К.1)$$

где N' – интенсивность движения на участке автомобилей (N'=120 авт./ч);

N'' – среднее количество людей в одном автомобиле (N''=1,8 чел./авт.);

L – протяженность участка (L=0,045 км);

v – средняя скорость движения на участке (v= 90 км/ч).

$$P_T = \frac{120 \cdot 1,8 \cdot 0,045}{90} = 0,11.$$

Величина социальной уязвимости для населения определяется по таблице 5 (см. подраздел 7.4). В связи с тем, что тело оползня расположено с низовой стороны, то, следовательно, населению проще избежать травм и $V_s = 0,1$. Таким образом, социальный риск от реализации оползневой опасности на участке автомобильной дороги Р254 г. Майкоп – г. Туапсе, км 60+900 – км 60+945 согласно пункту 9.5.16 составляет

$$R_S = 0,52 \cdot 1 \cdot 0,11 \cdot 0,1 = 5,72 \cdot 10^{-3} \text{ чел./год.}$$

Согласно пункту 7.5.2, полученные значения экономического и социального риска являются недопустимыми и требуют разработки и реализации управляющих решений по их снижению.

Приложение К
Пример вариантного проектирования инженерной защиты автомобильных дорог на основе оценки оползневой опасности и риска

Выполним вариантную проработку проектных решений на основе оценки оползневой опасности и риска на участке автомобильной дороги, проходящей вдоль газопровода «Россия – Турция» (км 297,5 – км 301), на котором произошел оползень, разрушивший гравитационную подпорную стену на ПК20+14 – ПК20+57.

Исходя из анализа результатов оценки оползневой опасности и сложившихся инженерно-геологических условий рассмотрено пять вариантов восстановления участка дороги в сочетании с противооползневыми сооружениями:

- возведение насыпи из щебня с уклоном 1:1;
- устройство насыпи из щебня с уклоном 1:1,5;
- устройство насыпи из крупнообломочного грунта (окола) с уклоном 1:1,5;
- строительство подпорной габионной стены с использованием системы армирования обратной засыпки «Террамеш»;
- строительство свайного сооружения.

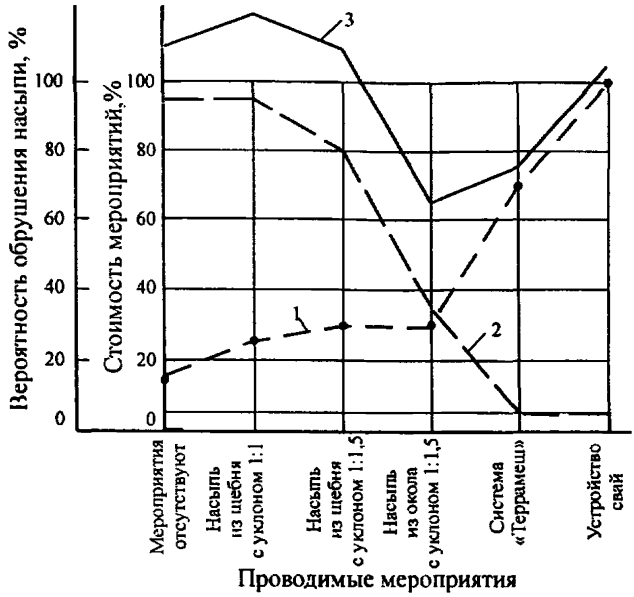
Рассматривался также вариант отсутствия инженерных мероприятий.

Для определения оползневой опасности выполнены вероятностные расчеты устойчивости участка автомобильной дороги с учетом работы каждого из вариантов сооружений. В таблице К.1 представлены результаты расчетов (с учетом особого сочетания нагрузок) на примере возведения насыпи из щебня с уклоном 1:1,5.

Таблица К.1 – Результаты вероятностного расчета устойчивости участка автомобильной дороги, проходящей вдоль газопровода «Россия – Турция», на примере отсыпки насыпи из щебня с уклоном 1:1,5

Параметры, определяемые при вероятностном расчете устойчивости насыпи участка автомобильной дороги	Величина параметров
Средняя величина коэффициента устойчивости	0,954
Наименьшее значение коэффициента устойчивости	0,578
Наибольшее значение коэффициента устойчивости	1,230
Вероятность смещения грунтов, %	79,165
Количество сочетаний, шт.	10000

На рисунке К.1 представлены результаты сравнения вариантов инженерных мероприятий, показывающие, что оптимальное решение соответствует возведению насыпи из окола с уклоном 1:1,5. Для других вариантов показатель «опасность + относительная стоимость» более высокий.



1 – стоимость проводимого мероприятия; 2 – вероятность обрушения насыпи; 3 – сочетание вероятности обрушения насыпи и стоимости проводимого мероприятия

Рисунок К. 1 – Результаты сравнения вариантов инженерных мероприятий, проводимых на участке автомобильной дороги, проходящей вдоль газопровода «Россия – Турция», ПК20+14 – ПК20+57 на основе оценки оползневой опасности

Разработана также программа мониторинга с целью снижения оползневого риска на стадии эксплуатации сооружений.

Библиография

[1]	ОДМ 218.3.008–2011	Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог
[2]	ОДМ 218.2.006–2010	Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог

ОКС 93.080.99
Ключевые слова: дорожное хозяйство, отраслевой дорожный методический документ, оползневая опасность, оползневой риск, оценка, управление, удерживающие сооружения, обследование, мониторинг

Руководитель организации-разработчика
ООО «НТЦ ГеоПроект»

Директор _____ С.И. Маций

Отпечатано в ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР»

Адрес ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР»:
129085, Москва, Звездный бульвар, д. 21, стр. 1
Тел.: (495) 747-9100, 747-9105, тел./факс: 747-9113
E-mail: gost.e-ecolog.ru
Сайт: gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru