
ОДМ 218.2.033-2013

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ИЗЫСКАНИЙ НА ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ СКЛОНАХ
И ОТКОСАХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)**

МОСКВА 2013

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН обществом с ограниченной ответственностью «НТЦ ГеоПроект» (ООО «НТЦ ГеоПроект»). Руководитель работ – доктор техн. наук, профессор Маций С. И. Документ разработан доктором геолого-минералогических наук, профессором Вознесенским Е. А., доктором физико-математических наук, профессором Владовым М. Л., канд. техн. наук, доцентом Безугловой Е. В., канд. техн. наук Любарским Н. Н., инженерами Амелиной Э. Н., Барановским А. Л., Еркушовым В. Ю., Зыряновой Е. А., Лейер Д. В., Плешаковым Д. В., Смирновым С. Г., Шелестовым С. А.

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

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 21.03.2013 № 318-р

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	2
3 Термины и определения	4
4 Обозначения.....	6
5 Общие положения	7
6 Подготовительные работы	17
6.1 Сбор и обработка материалов изысканий прошлых лет.....	17
6.2 Дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов	18
7 Полевые работы.....	30
7.1 Маршрутные наблюдения	30
7.2 Проходка горных выработок	32
7.3 Геофизические исследования	41
7.4 Полевые исследования грунтов.....	48
7.5 Гидрогеологические исследования	56
7.6 Обследование грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений	59
7.7 Стационарные наблюдения.....	63
8 Камеральная обработка материалов.....	70
8.1 Лабораторные исследования грунтов и подземных вод	70
8.2 Составление прогноза устойчивости склонов и откосов автомобильных дорог	73
8.3 Оценка риска оползневых процессов.....	78
8.4 Составление рекомендаций по проектированию и содержанию инженерной защиты.....	91
8.5 Составление технического отчета	94
Библиография	100

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог

1 Область применения

1.1 Настоящий ОДМ распространяется на выполнение инженерно-геологических изысканий оползнеопасных участков существующих и проектируемых автомобильных дорог на всей территории Российской Федерации с сейсмичностью до 9 баллов включительно по шкале ИФЗ 64.

1.2 Методический документ рекомендован к применению изыскательскими, проектными, строительными, эксплуатирующими организациями, государственными исполнительными органами управления дорожным хозяйством при соблюдении требований [1].

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 22.1.06-99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов. Общие требования

ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб

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

ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Общие требования

ГОСТ Р 54476-2011 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик сопротивляемости сдвигу грунтов в дорожном строительстве

ГОСТ 5686-94 Грунты. Методы полевых испытаний сваями

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

ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 19912-2001 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием

ГОСТ 20276-99 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 23278-78 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости

ГОСТ 30416-96 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения

ГОСТ 30672-99 Грунты. Полевые испытания. Общие положения

СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*

СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги

СНиП 3.05.04-85* Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации

СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения

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

СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические 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 III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов

СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.

Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов

СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.

Часть V. Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями

СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.

Часть VI. Правила производства геофизических исследований

3 Термины и определения

В настоящем ОДМ применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 геологическая среда: верхняя часть литосферы, представляющая собой многокомпонентную динамичную систему (горные породы, подземные воды, газы, физические поля – гравитационные, электромагнитные и др.), в пределах которой осуществляется инженерно-хозяйственная деятельность.

3.2 геологический процесс: изменение состояния компонентов геологической среды во времени и в пространстве под воздействием природных факторов.

3.3 инженерно-геологические условия: совокупность характеристик геологической среды (рельефа, состава и состояния горных пород, условий их залегания и свойств, включая подземные воды, геологические процессы и явления), необходимых для проектирования, строительства, эксплуатации инженерных сооружений.

3.4 инженерная защита: комплекс инженерных сооружений и мероприятий, направленный на защиту (предотвращение или уменьшение негативных последствий) от отрицательных воздействий опасных геологических и инженерно-геологических процессов.

3.5 карта оползневого риска: отображение на специальной карте (в цифровой, графической и иных формах) вероятных потерь (социальных, материальных и др.) от оползневых процессов.

3.6 оползень: смещение вниз по склону некоторого объема грунтовых масс под действием гравитационных сил, а также в результате дополнительных силовых воздействий (сейсмические ускорения, пригрузка склона или бровки откоса и т. п.).

3.7 откос: вертикальный или круто-наклонный участок поверхности земли, сформированный в результате рельефообразующих процессов или инженерно-хозяйственной деятельности человека.

3.8 оползневая опасность на автомобильных дорогах: угроза развития оползневого процесса, способного причинить ущерб здоровью людей, объектам дорожного хозяйства и окружающей природной среде.

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

3.10 оползневой склон: склон, на котором происходят или происходили в недавнем прошлом оползневые деформации пород.

3.11 оползнеопасный (потенциально оползневой) склон: склон, на котором оползневые деформации на момент обследования отсутствуют и отсутствовали в прошлом, но могут проявиться под воздействием естественных или техногенных факторов.

3.12 оценка риска: процесс прогнозирования опасностей и установления возможных потерь для всех случаев реализации опасностей с определенной интенсивностью и повторяемостью.

3.13 прогноз инженерно-геологических условий: качественная и (или) количественная оценка изменения свойств и состояния геологической среды (или ее компонентов) во времени и в пространстве под влиянием естественных и техногенных факторов.

3.14 склон: наклонный участок поверхности земли, сформированный в результате действия рельефообразующих процессов или инженерно-хозяйственной деятельности человека.

3.15 стационарные наблюдения (мониторинг): постоянные (непрерывные или периодические) наблюдения (измерения) за изменениями состояния отдельных факторов (компонентов) инженерно-геологических условий территории в заданных пунктах.

3.16 устойчивость склона (откоса): способность склона (откоса) сохранять свой профиль в течение длительного времени.

4 Обозначения

В настоящем ОДМ применены обозначения:

K_y – коэффициент устойчивости склона;

N_{yd} – удерживающие силы (моменты) в смещающемся массиве грунтов;

N_{cd} – сдвигающие силы (моменты);

τ – сопротивление грунта сдвигу;

σ – нормальные напряжения в плоскости сдвига;

u – поровое давление;

φ – угол внутреннего трения грунта;

c – сцепление грунта;

μ – коэффициент сейсмичности;

R – оползневой риск;

R_E – экономический риск потерь от оползневых процессов;

R_S – социальный риск потерь от оползневых процессов;

P_H – повторяемость оползневого события;

P_S – вероятность поражения оцениваемого объекта оползневой опасностью в пространстве;

P_T – вероятность поражения населения оползневой опасностью во времени;

V_E – экономическая уязвимость оцениваемого объекта для оползневой опасности;

V_S – социальная уязвимость населения для оползневой опасности;

K_i – коэффициент значимости i -ого фактора оползневой опасности;

t_i – балльное значение i -ого оползневой опасности фактора;

D – стоимость объекта до его поражения.

5 Общие положения

5.1 Инженерно-геологические изыскания на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог являются видом инженерной деятельности, обеспечивающей комплексное изучение природных и техногенных условий участка трассы, получение необходимых материалов для разработки экономически целесообразных и технически обоснованных решений при проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции объектов дорожного хозяйства, а также выбора рационального варианта противооползневых сооружений.

5.2 Инженерно-геологические изыскания на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог следует выполнять согласно требованиям СНиП 11-02 и СП 11-105 (часть I, II, III, IV, V и VI).

5.3 При инженерно-геологических изысканиях на оползнеопасных участках помимо изучения геологического строения, гидрогеологических условий, свойств грунтов, а также проведения других общепринятых и обязательных исследований освещаются следующие вопросы:

- тип оползней, их возраст, положения базисов, морфометрические параметры, форма поверхности скольжения, основной деформирующийся горизонт и механизм смещения;
- приуроченность оползневых процессов к определенным геологическим образованиям, тектоническим структурам и геоморфологическим элементам;
- роль отдельных природных и антропогенных факторов оползнеобразования в снижении устойчивости склонов и откосов (на основе установления зависимости между активностью оползневых подвижек и интенсивностью проявления факторов оползнеобразования);

- степень устойчивости склона или откоса и прогноз его дальнейшего поведения (возможности активизации старых или возникновения новых оползней, определение стадии развития действующих и др.);
- опыт осуществленной в данном районе противооползневой защиты с анализом ее эффективности;
- оценка геологических рисков и необходимость противооползневой защиты, ее основные направления, очередность строительных работ.

5.4 Для обеспечения качества и согласованности получаемых результатов инженерно-геологические изыскания включают в себя этапы подготовительных (предполевых), полевых и камеральных работ.

5.5 В состав подготовительных работ по инженерно-геологическим изысканиям входят:

- сбор и обработка материалов изысканий прошлых лет;
- дешифрирование аэро- и космоматериалов, аэровизуальные наблюдения.

5.6 По результатам подготовительных работ составляются программа изысканий (см. п. 5.13) и предварительная карта оползневых процессов по всей трассе изучаемой автомобильной дороги. Масштаб карты в зависимости от протяженности дороги может варьировать в пределах от 1:2000 до 1:25000.

5.7 В состав полевых работ по инженерно-геологическим изысканиям входят:

- маршрутные наблюдения;
- проходка горных выработок;
- геофизические исследования;
- полевые исследования грунтов;
- гидрогеологические исследования;
- обследование грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния оползневого процесса;

- стационарные наблюдения (мониторинг компонентов геологической среды).

5.8 В состав камеральных работ по инженерно-геологическим изысканиям входят:

- лабораторные исследования грунтов и подземных вод;
- разработка прогноза устойчивости склонов и откосов различной срочности;
- оценка опасности и риска оползневых процессов;
- разработка рекомендаций по проектированию и содержанию сооружений инженерной защиты;
- разработка технического отчета.

5.9 Основанием для выполнения инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог является договор между заказчиком и исполнителем с неотъемлемыми к нему приложениями: техническим заданием, программой работ календарным планом и расчетом стоимости.

5.10 Техническое задание на выполнение инженерно-геологических изысканий должно содержать следующие сведения:

- наименование объекта исследования;
- характеристику проектируемых и реконструируемых сооружений;
- сведения о стадийности и сроках проектирования;
- цели и задачи инженерно-геологических изысканий;
- данные о местоположении и границах исследуемой территории;
- сведения о ранее выполненных инженерно-геологических изысканиях;
- основные характеристики природных и техногенных условий исследуемой территории;

- характеристику ожидаемых воздействий объекта строительства на природную среду;
- данные о наблюдавшихся на исследуемой территории осложнениях в процессе строительства и эксплуатации сооружений (деформациях и аварийных ситуациях);
- требования к программе инженерно-геологических изысканий;
- требования к точности, надежности, достоверности и обеспеченности получаемых результатов;
- требования к составлению и содержанию прогноза изменений природных и техногенных условий;
- требования к оценке опасности и риска от оползневых процессов;
- требования к составлению рекомендаций по строительству и содержанию мероприятий инженерной защиты;
- сведения о необходимости выполнения научного сопровождения в процессе инженерно-геологических изысканий;
- перечень нормативных документов, в соответствии с требованиями которых необходимо выполнять работы;
- требования к составу, срокам, порядку и форме представления изыскательской продукции.

5.11 К техническому заданию должны прилагаться графические и текстовые документы, необходимые для организации и проведения инженерно-геологических изысканий на соответствующей стадии проектирования.

5.12 Предусмотренные в техническом задании требования к полноте, достоверности, точности и качеству отчетных материалов могут уточняться исполнителем инженерно-геологических изысканий при составлении программы работ и в процессе выполнения изыскательских работ по согласованию с заказчиком.

5.13 Программа инженерно-геологических изысканий должна полностью соответствовать техническому заданию заказчика и содержать его требования, принятые к выполнению исполнителем инженерно-геологических изысканий, в том числе:

- характеристику степени изученности природных условий по материалам ранее выполненных инженерно-геологических изысканий, а также оценку возможности использования этих данных;
- краткую характеристику природных и техногенных условий района, влияющих на организацию и производство инженерно-геологических изысканий;
- рабочие гипотезы об условиях формирования и причинах оползневого процесса, механизме смещения, стадии развития оползневого цикла;
- в случае необходимости обоснование расширения границ территории проведения инженерно-геологических изысканий;
- требования к организации и производству изыскательских работ (состав, объем, методы, технология, последовательность, место и время проведения);
- обоснование применения современных нестандартизированных технологий и методов производства изысканий;
- обоснование необходимости выполнения научно-исследовательских работ при изысканиях для проектирования крупных и уникальных объектов в сложных природных и техногенных условиях;
- мероприятия по обеспечению безопасных условий труда с учетом особенностей исследуемой территории и характера выполняемых работ, а также и порядок реагирования на чрезвычайные ситуации;
- мероприятия по охране окружающей среды и предотвращению ее загрязнения при выполнении работ;
- перечень и состав отчетных материалов, сроки их представления.

5.14 Границы обследуемой территории необходимо определять с учетом ожидаемого негативного техногенного воздействия (при хозяйственном освоении площадки проектируемого строительства и прилегающей территории) и развития оползнеобразующих процессов (боковой и донной эрозии, абразии, выветривания и др.).

5.15 При составлении программ изысканий на оползневых склонах и откосах автомобильных дорог состав и объем изыскательских работ следует намечать с учетом:

- стадии проектирования;
- стадии оползневого процесса;
- категории автомобильной дороги;
- степени изученности участка исследованиями прежних лет.

5.16 Инженерно-геологические изыскания для разработки предпроектной документации имеют целью собрать основные данные, характеризующие природные условия исследуемого района в объеме, достаточном для оценки намеченных вариантов трассы и выбора основного направления инженерной защиты. Изучение природных условий осуществляется путем ознакомления с имеющимися фондовыми материалами, данными аэрофотосъемки и космосъемки, осмотра трассы и выполнения наземных изысканий на отдельных сложных участках.

5.17 На стадии разработки проектной документации выполняется основной объем работ по инженерно-геологическим изысканиям. Они должны обеспечивать получение необходимых материалов для обоснования принятия конструктивных решений дорожной одежды, земляного полотна, противооползневой защиты, составления проекта организации строительства и разработки мероприятий по охране окружающей среды.

5.18 Инженерные изыскания для разработки рабочей документации проводятся с целью детализации и уточнения природных условий в пределах сферы взаимодействия сооружений с окружающей средой. При этом на

данной стадии в случае необходимости продолжают, организованные ранее, стационарные наблюдения за оползневыми процессами и оползнеобразующими факторами, а также создаются дополнительные наблюдательные пункты.

5.19 Инженерно-геологические изыскания в период строительства и эксплуатации автомобильных дорог в районах развития опасных склоновых процессов должны обеспечивать получение данных о соответствии заложенных в рабочей документации характеристиках природных условий фактической ситуации, а также об их изменении во времени. Полученная информация используется для контроля или корректировки проектных решений и мероприятий, связанных с повышением устойчивости, надежности и эксплуатационной пригодности.

5.20 Состав и объем изыскательских работ в зависимости от стадии развития оползневого процесса приведены в таблице 1. Масштаб специализированной (оползневой) инженерно-геологической съемки в зависимости от категории дороги и стадии проектирования представлен в таблице 2.

5.21 При инженерно-геологических изысканиях на оползнеопасных участках типы и подтипы склоновых процессов по механизму смещения пород, а также условия их возникновения и характер проявления необходимо устанавливать в соответствии с таблицей 4.1 СП 11-105 (часть II).

5.22 Для участков автомобильных дорог высокой категории (I и II) требуется проведение полного комплекса и значительных объемов изыскательских работ, для участков дорог более низкой категории при хорошей изученности территории можно ограничиться упрощенным комплексом.

5.23 При наличии достаточного количества и качества материалов изысканий прошлых лет возможно сокращение объемов работ при учете требований п. 5.2 СП 11-105 (часть I). В случаях, когда материалы

отсутствуют или оцениваются как недостаточные, сомнительные или устаревшие, изыскания следует выполнять в полном объеме.

Т а б л и ц а 1 – Состав и объем изыскательских работ в зависимости от стадии оползневого процесса

Стадия оползневого процесса	Характерные признаки стадии оползневого процесса	Задачи исследований	Методы исследований
Подготовительный период	Повышение напряжений при эрозионном (абразионном) или техногенном воздействии на склон. Увеличение влажности, выветривание. Уменьшение прочности грунта	Установление возможности проявления оползневого процесса, факторов его активизации	Сбор данных по объектам-аналогам. Измерение напряжений в массиве и порового давления. Определение свойств грунтов. Наблюдения за уровнем грунтовых вод и напорами. Расчетные методы
Начальный период проявления	Образование трещин растяжения. Оконтуривание трещинами тела оползня. Начало оседания поверхности с образованием западины, появление вала выпирания в основании склона	Определение масштабов начинающегося процесса, оперативный прогноз времени основного смещения	Измерение трещин. Стационарные наблюдения за поверхностными и глубинными перемещениями, уровнем грунтовых вод Расчетные методы
Основное смещение оползня	Отчленение оползневых тел и основное их смещение. Регрессивное или прогрессивное развитие. Проявление различных форм и скоростей движения частей оползневых тел	Оперативный прогноз дальнейшего смещения	Определение изменений формы поверхности склона, векторов и скоростей смещения, мощности оползня, трещинная оползневая съемка. Расчетные методы
Временная стабилизация	Неизменность формы склона. Отсутствие появления свежих трещин растяжения. Появление растительности и ее нормальное развитие	Оценка возможности повторной активизации процесса и дальнейшего смещения	Стационарные наблюдения за реперами и уровнем грунтовых вод, напорами, периодические обследования с выполнением отдельных видов работ в целях контроля стабилизации склона
Повторные смещения	Оползни последующих генераций. Характерные признаки, присущие предыдущим стадиям	Определение степени оползнеопасности и активности смещений в отдельных частях склона	Определение изменений формы поверхности склона и отдельных его частей, наблюдения за смещениями и образованием блоков, трещинная оползневая съемка

Стадия оползневого процесса	Характерные признаки стадии оползневого процесса	Задачи исследований	Методы исследований
Длительная стабилизация	Заращение склона древесной растительностью. Постепенное сглаживание типичного оползневого рельефа	Контроль состояния склона	Периодические обследования

Т а б л и ц а 2 – Масштаб специализированной (оползневой) инженерно-геологической съемки в зависимости от категории дороги и стадии проектирования

Стадия	Категория дороги	Масштаб инженерно-геологической съемки
Предпроектная документация	I – V	1:2000–1:25000
Проектная документация	I – V	1:500–1:1000
Рабочая документация	III – V	1:500
	I – II	1:200

5.24 В случае выявления в процессе изысканий ранее неизвестных условий, которые могут оказать неблагоприятное влияние на строительство и эксплуатацию сооружений, исполнитель изысканий должен поставить заказчика в известность о необходимости их дополнительного изучения и внесения соответствующих изменений в программу работ в части увеличения продолжительности и/или стоимости изысканий.

5.25 К проведению инженерно-геологических изысканий привлекаются организации, оснащенные необходимой приборной и инструментальной базой, имеющие в своем составе квалифицированных специалистов. Организация, осуществляющая изыскания, должна иметь соответствующие разрешающие документы на выполнение данного вида работ предусмотренные законодательством Российской Федерации (допуски СРО, сертификаты на применяемое оборудование и т. п.). К проведению изысканий нецелесообразно допускать мелкие неспециализированные организации, которые, в силу краткосрочности работ, их малых объемов, отсутствия опыта и недостатка квалифицированных кадров не способны правильно оценить инженерно-геологические условия участка строительства.

5.26 В связи со сложностью решаемых задач инженерно-геологические изыскания на оползнеопасных участках автомобильных дорог необходимо проводить совместно в комплексе с инженерно-геодезическими, инженерно-гидрометеорологическими и инженерно-экологическими изысканиями, выполняемых согласно СП 11-104, СП 11-103 и СП 11-102 соответственно.

6 Подготовительные работы

6.1 Сбор и обработка материалов изысканий прошлых лет

6.1.1 Сбор и обработка имеющихся материалов являются основой для составления рабочей гипотезы об инженерно-геологических условиях трассы автомобильной дороги и предшествуют выполнению основного комплекса полевых исследований.

6.1.2 Сбор и обработку материалов изысканий и исследований прошлых лет осуществляют в соответствии с пп. 5.2, 5.3 СП 11-105 (часть I) и пп. 4.2.1–4.2.3 СП 11-105 (часть II).

6.1.3 В состав анализируемых источников следует включать материалы исследований (научные публикации, рекомендации, руководства, акты обследований участков, заключения комиссий, данные мониторинга и т. п.) по территории проектируемой или существующей автомобильной дороги.

6.1.4 При анализе собранных материалов основное внимание необходимо уделять особенностям механизма оползневого процесса, приведенным примерам оползней, результатам исследований физико-механических свойств грунтов, данным об активности оползневого процесса на исследуемой территории, рекомендациям по предупреждению и устранению главных причин оползнеобразования и т. п.

6.1.5 По результатам сбора и обработки материалов изысканий и исследований прошлых лет в техническом отчете должен быть представлен анализ:

- опыта эксплуатации исследуемой и других автомобильных дорог на участках с аналогичными инженерно-геологическими условиями;
- эффективности мероприятий инженерной защиты на оползнеопасных участках автомобильных дорог со схожими инженерно-геологическими условиями;

- причин возникновения чрезвычайных ситуаций, вызванных активизацией оползневых процессов, а также отказов сооружений инженерной защиты;
- влияния природных и техногенных факторов на функционирование исследуемой автомобильной дороги;
- изменения отдельных факторов инженерно-геологических условий в процессе дальнейшей эксплуатации автомобильной дороги, в том числе, при строительстве и эксплуатации сооружений инженерной защиты;
- динамики развития оползневого процесса по отношению к исследуемому участку трассы.

6.1.6 На основе анализа материалов изысканий и исследований прошлых лет определяются принципиальные вопросы дальнейшего комплекса инженерно-геологических изысканий на конкретных оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог.

6.2 Дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов

6.2.1 Дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов и аэровизуальные наблюдения являются обязательным видом работ при выполнении инженерно-геологических изысканий на оползневых склонах и откосах автомобильных дорог, обычно предшествующим инженерно-геологической съемке и другим наземным исследованиям. Эффективность этих методов максимальна при одновременном изучении протяженных склонов и откосов дорог, а также при анализе динамике развития на них оползневых процессов. Космо- и аэрофотоматериалы позволяют одновременно оценить сложность инженерно-геологической обстановки в разных частях исследуемой территории с равной детальностью. Кроме того, использование аэро- и космофотоматериалов способствуют размещению наземных работ и, следовательно, снижению стоимости последних.

6.2.2 Основными задачами дешифрирования и аэровизуальных наблюдений являются:

- установление наличия и масштаба оползневых явлений, их границ, типов, формы, приуроченности к определенным комплексам пород и геоморфологическим уровням;
- определение стадии развития оползневых процессов;
- выявление факторов воздействия на развитие оползней;
- установление видимых деформаций поверхности земли и отдельных инженерных сооружений;
- уточнение границ развития на склоне разных генетических типов четвертичных отложений;
- локализация разрывных нарушений и зон повышенной тектонической трещиноватости горных пород;
- локализация областей распространения, питания и разгрузки подземных и поверхностных вод;
- установление границ различных ландшафтов;
- уточнение границ различных геоморфологических элементов;
- установление характера и величины техногенной нагрузки на склоны и степени их техногенного преобразования;
- приближенная оценка возраста (относительного возраста) оползневых деформаций;
- определение динамики развития оползневых процессов – по снимкам разных лет и по сравнению облика склонов (откосов)-аналогов на той же территории.

6.2.3 Основными регламентирующими нормативными документами при выполнении дешифрировании космо- и аэрофотоматериалов являются СНиП 11-02, СП 11-105 (часть I) и СП 11-105 (часть II).

6.2.4 При выполнении инженерно-геологических изысканий на оползневых склонах и откосах автомобильных дорог используются следующие материалы:

- космоснимки;
- аэрофотоснимки (плановые и перспективные), в том числе: черно-белые, цветные, спектрзональные;
- материалы тепловых (инфракрасных) съемок и сканерные снимки.

Удобство перспективных аэрофотоснимков заключается в том, что они позволяют увидеть особенности строения территории не только с высоты, но и под более привычным, чем плановые, углом зрения, что бывает особенно полезно при изучении оползневых тел.

6.2.5 При дешифрировании используется широкий спектр масштабов аэрофотоснимков – от 1:60000 до 1:1000. Как правило, масштаб аэрофотоматериалов должен быть на разряд более крупным по сравнению с масштабом используемой карты или проводимой съемки (т. е., например, при съемке среднего масштаба используются крупномасштабные снимки).

6.2.6 Геолого-геоморфологические условия рекомендуется изучать по снимкам масштабов 1:25000 – 1:60000, а для изучения площадей развития оползневых процессов и объема тел необходимо использовать аэрофотоснимки масштабов 1:5000 – 1:10000.

6.2.7 На предпроектной стадии планирования защитных сооружений автодороги дешифрирование аэрофотоматериалов следует осуществлять в два этапа:

- предварительное дешифрирование в предполевой период;
- дешифрирование в том числе с использованием аэровизуальных наблюдений в полевых условиях и при камеральной обработке материалов.

6.2.8 На стадии проектирования защитных сооружений автодороги дешифрирование аэрофотоматериалов как отдельный вид работ не проводится, однако при выполнении инженерно-геологической съемки в

масштабе 1:2000 – 1:10000 рекомендуется использовать имеющиеся отдешифрованные материалы, а также проводить уточнение границ оползневых тел относительно выявленных ранее на снимках.

6.2.9 На последующих стадиях проектирования, строительства и эксплуатации сооружений собственно дешифрирование и аэровизуальные наблюдения не проводится, но эти материалы используются при обследованиях и мониторинге оползневых склонов в ходе содержания автомобильных дорог для сбора информации о динамике развития процессов.

6.2.10 Структурная схема процесса дешифрирования аэрофотоматериалов при выполнении инженерно-геологических изысканий на оползневых склонах и откосах автомобильных дорог включает 3 этапа:

- этап накопления информации, в свою очередь включающий: а) подбор аэрофотоснимков – эталонов для районов – аналогов (лучше изученных в требуемом масштабе – чаще всего сопредельных участков); б) приобретение (получение) космо- и аэрофотоматериалов на территории съемки; в) выделение типов ландшафта по общим особенностям аэрофотоизображений; г) изучение внутренней структуры выделенных ландшафтов; д) выявление на основе проведенных работ (подпункты а – д) прямых и косвенных, частных и комплексных дешифровочных признаков; е) детальное дешифрирование аэрофотоснимков, заключающее в выявлении и оконтуривании на аэро- и космофотоснимках границ оползневых тел разного типа и выделение стадий развития процесса внутри них на основе разработанного комплекса дешифровочных признаков;
- этап переработки информации, подразумевающий, во-первых, инженерно-геологическую интерпретацию результатов дешифрирования, и, во-вторых, интер- и экстраполяционные операции, поскольку не все участки картируемой территории дешифрируется с равной степенью детальности;

- этап оценки информации, на котором проводится контроль корректности дешифрирования аэрофотоматериалов, а также интер- и экстраполяция выделенных границ, в том числе и геологом более высокой квалификации, и дается оценка проведенных работ с учетом сделанных поправок.

После полевого сезона приведенная поэтапная схема повторяется с учетом собранных данных наземных наблюдений.

6.2.11 Аэрофотоснимок земной поверхности дает объективное изображение всех достаточно крупных и видимых объектов ландшафта. В понятие «дешифрирование аэрофотоснимка» входит распознавание изображенных на нем объектов, раскрытие сущности содержания контуров и отдельных предметов, а также определение их характеристик. При выборе масштаба аэро- и космofотоматериалов следует учитывать, что чем сложнее район работ по природным условиям, тем крупнее должен быть масштаб используемых фотоснимков. Изучаемые объект должны иметь на снимке линейные размеры не менее 1 мм, чтобы их можно было опознать на местности.

6.2.12 В основе дешифрирования аэрофотоснимков при инженерно-геологических работах, в целом, лежат принципы геологического их дешифрирования. В качестве дополнительного обычно используется ландшафтный метод дешифрирования, согласно которому территории, имеющие одинаковый «внешний» облик, имеют и сходное «внутреннее» строение, т. е. литогенную основу ландшафта, под которой обычно понимается состав и строение подстилающих горных пород на глубину до 25 и более метров. Мощность этой зоны в значительной мере зависит от глубины залегания грунтовых вод.

6.2.13 Изучение закономерностей изменения ландшафта по аэрофотоснимкам может давать информацию не только о составе подстилающих пород и их структуре, но также и о гидрогеологических условиях верхней части разреза и современных геологических процессах.

6.2.14 Вся система дешифровочных признаков при работе с космо- и аэрофотоматериалами включает: а) прямые признаки, которые могут быть сняты непосредственно со снимка в виде размера, формы, тона, тени, цвета и фактуры объекта, условий залегания пород и площади их распространения, т. е. те, что можно увидеть и измерить; б) признаки косвенные, характеризующие геологические объекты не прямо, а косвенно – через некое

промежуточное звено, в качестве которого могут выступать специфические формы рельефа, следы деятельности поверхностных вод, определенная растительная ассоциация и т. д. Косвенные признаки дешифрирования являются признаками взаимосвязей и указывают на более сложную зависимость между существующими в природе явлениями и их изображениями на фотоматериалах. Так, например, видимая на снимках полосчатость на склонах, секущая горизонтали рельефа в области развития многолетнемерзлых пород, указывает на развитие солифлюкции, полосчатость, субпараллельная горизонталям рельефа – о горизонтальном залегании слоистых пород разной плотности и окраски. Линейное распределение влаголюбивой (темной на снимке) растительности служит косвенным признаком тектонической нарушенности и сопутствующих ей участков разгрузки подземных вод и т. п.

6.2.15 Как прямые, так и косвенные дешифровочные признаки могут, в свою очередь, быть частными – характеризующими отдельный геологический объект или даже только некоторые его свойства; или общими – характеризующими совокупность разных геологических объектов в целом или некоторые общие для них свойства.

6.2.16 При дешифрировании в предполевой и полевой периоды необходимо установить:

- отличительные черты участков, сложенных различными по составу породами;
- приуроченность определенность форм мезо- и микрорельефа к слагающим их породам;
- сравнительная мощность и примерный литологический состав поверхностных рыхлых отложений в зависимости от форм рельефа и коренных пород;
- характер увлаженности и заболоченности поверхности;
- характер талого или мерзлого состояния пород участка.

6.2.17 Наиболее эффективным способом индикации оползневых процессов на снимках является распознавание их размещения, определение генетических типов и стадий развития по ландшафтно-генетическим рядам, под которыми понимается ряд природно-территориальных комплексов, расположенных друг за другом в том порядке, в котором они сменяются во времени в ходе естественного развития процесса. Поскольку ряд в целом создается оползневым процессом, то отдельные элементы внешнего облика ряда позволяют распознать различные стадии процесса. В пределах оползневых процессов с помощью аэро- и космофотоматериалов можно различать стадии подготовки процесса, возникновения смещения, нарастающего развития, кульминации, спада и последствий процесса.

6.2.18 Распознавание различных членов ландшафтно-генетического ряда может выполняться с использованием то геоморфологических, то геоботанических, то комплексных признаков. Обычно на ранних, слабо различимых стадиях процесса ведущая роль принадлежит растительности, а на более поздних стадиях переходит к геоморфологическим особенностям вследствие их большей выразительности на аэро- и космофотоматериалах.

6.2.19 Как правило, свежие оползни резко контрастируют по характеру изображения с окружающим фоном. Они имеют пятнистую и полосчатую структуру изображения разнообразной формы неоднородного, преимущественно светлого и светло-серого тона, обусловленную бугристым или ступенчатым строением тел, наличием бугров выпирания и наплывов, неравномерным увлажнением поверхности и нарушением растительного покрова. На стадии подготовки формирование рвов отседания происходит обычно на плоской поверхности, поэтому элементы подготовки имеют больше геоботанический характер. Они возникают в форме полос более мезофильных растительных сообществ на фоне сухоустойчивой растительности. Появление таких полос обнаруживается на снимках в виде спрямленных или коленчато изломанных размытых линий с несколько более

темным фототонном. Их возникновение связано с формированием почти не выраженных в рельефе ложбин, вызывающих локальное застаивание воды. Стадией возникновения процесса является хорошо заметная трещина – ров с крутыми бортами и отчетливо выраженной бровкой, лишенными растительности. Однако размеры рва невелики, и он фиксируется на снимках масштаба 1:10000 и крупнее в виде ряда черточек, субпараллельных ближайшему макросклону. Нарастающее развитие процесса соответствует выраженному рву с корытообразным профилем и асимметричными по высоте бортами. По его склонам могут быть рассеяны группы кустарников в связи с более благоприятными условиями увлажнения. Стадия кульминации и спада процесса плохо улавливается на аэро- и космофотоматериалах. Наиболее четко в это время выявляется стадия последствия процесса по обособившимся и сместившимся массивам пород с удлиненными фронтальными очертаниями. За счет этого смещения создается ступенчатый уступ, содействующий задержанию влаги, а также принимающий и выходы грунтовых вод. В силу этого на уступе обильно разрастаются кустарники, развивается влаголюбивое разнотравье, может появляться древесная растительность. Все это приводит к отчетливой различимости как отсевавшего массива, так и рва отседания на снимках.

6.2.20 Главными особенностями стадии подготовки блоковых оползней являются трещины растяжения и ступени отседания. Трещины на снимках имеют вид изолированных друг от друга темно-серых линий, расположенных по дугообразным кривым. Ступени непосредственно различаются между такими трещинами при стереоскопическом изучении снимков. Значительно более постоянным признаком подготовки блоковых оползней служит появление сообществ влаголюбивых растений, которые появляются в виде полукруглых или прямолинейных полос на склонах на участках зон трещиноватости пород под склоновыми рыхлыми отложениями. Стадии возникновения и нарастающего развития почти не поддаются разделению на снимках. На изображении они выявляются по расщелине, отделяющей тело

от склона. Часто по ней наблюдаются выходы родников, которые часто образуют характерные фигуры в виде равнобедренных треугольников с родником у вершины. Эти площади обычно заняты влажными лужайками с осоками и др. растительностью. Стадия кульминации выражена обычно отчетливо: ее выражает оползень-блок, не измененный процессами выветривания, размыва и зарастания. В нем можно выделить основные элементы: надоползневой откос, цирк со стенками срыва, ступени. На снимках форма оползня циркообразная или фронтальная, обычно изогнутая, рисунок дугообразно-полосчатый, с участками светлого и темного фототона, что зависит от распределения растительности и участков разгрузки грунтовых вод. Граница с откосом обычно четкая, по бортам – прерывистая. Стереоскопическая различимость отдельных частей оползня хорошая. Форма тел имеет индикационно-дешифровочное значение. Типично циркообразная форма характерна для оползней в глинистых и песчано-глинистых грунтах, удлиненно-фронтальная характерна для скальных и полускальных грунтов. Стадия последствий процесса разнообразна: для нее характерно постепенное зарастание участков обнаженных пород, сглаживание форм оползневого рельефа и наложение эрозии. При этом различимость разных частей оползня на снимках ухудшается, т. к. стенки срыва зарастают, границы цирка становятся менее заметны. Помощь может оказать дешифрирование висячих болот, формирующихся в тыловой части старых оползней-блоков. Наиболее стойкая составляющая этой стадии – сам оползневой цирк, поскольку тело может быть расчленено эрозией до полной неузнаваемости или даже совсем уничтожено.

6.2.21 Стадии подготовки оползней-потоков, оплывин и сплывов, формирующихся в песчано-глинистых и лессовых отложениях в результате увлажнения поверхностными или подземными водами, можно наблюдать на снимках лишь для сравнительно крупных оползней. Они бывают представлены участками влаголюбивой растительности на склонах, которые

отчетливо наблюдаются в позднелетний и осенний периоды по контрастности зелени на фоне выгоревшей растительности. На черно-белых снимках обнаруживаются в виде аномальных более темных пятен. Иногда по снимкам можно установить и стадию возникновения оползней-потоков. Морфологически она выражается на снимках в виде пятен с шагреновым рисунком, образованным формированием на склонах небольших натечных бугров и трещин с сохранением естественного почвенно-растительного покрова. Стадии нарастающего развития и кульминации быстротечны, трудно делимы между собой, но имеют характерные черты в виде свежих оползневых форм без следов размыва и зарастания. На снимках такие формы выражаются вытянутыми пятнами светлого тона, контрастирующими с фоном межоползневых пространств. Оползни потоки имеют глетчеровидную, ложкообразную или грушевидную форму, длина (50–2000 м) намного превосходит ширину (10–300 м), высота стенок срыва может достигать 20–30 м, но может быть выражена в рельефе и менее контрастно. На снимках глетчеровидные оползни дешифрируются по форме узких рукавообразных впадин и характерному натечному рисунку неоднородного тона с дугообразными складками поперек склона. По краям оползней обычно заметны борозды течения. Ложковидные оползни-потоки имеют широкую и округлую вершину в головной части и узкий рукавообразный канал сброса оползневых масс в нижней части цирка. На снимках выделяются по вытянутым полосам светлого тона натечной структуры. При слиянии нескольких оползней с общим каналом сброса на снимках появляется ветвистый рисунок неоднородного тона. Оплывины имеют меньшие размеры, каплевидную или грушевидную форму в плане с характерным и преимущественно линейным типом роста.

6.2.22 Дополнительную количественную информацию об оползнях, их размерах и площадях, уклонах, профилях, относительной высоте оползневых ступеней, ширине и длине трещин, высотах стенок срыва, глубинах эрозионного вреза и т. д. могут дать фотограмметрические измерения

аэрофотоснимков, которые могут проводиться при инженерных изысканиях на оползневых склонах по специальной программе.

7 Полевые работы

7.1 Маршрутные наблюдения

7.1.1 Маршрутные наблюдения (первичная рекогносцировка) на оползнеопасных участках выполняются по ранее составленной предварительной карте оползневых процессов для:

- первичной оценки масштабов оползневых деформаций и выявления наиболее активных зон;
- определения скорости смещения и периодичности оползня в створе дороги, а также выявления его активности на отдельных фрагментах;
- установления категории технического состояния существующих инженерных сооружений в пределах оползня и смежных с ним участках;
- определения и фотофиксации состояния земляного полотна дороги на момент обследования;
- оценки угрозы безопасности движения транспорта, пешеходов и расположенных рядом с дорогой сооружений.

7.1.2 Маршрутные наблюдения включают в себя осмотр пораженного оползнем участка дороги; составление схем, чертежей и зарисовок трещин, повреждений в покрытии проезжей части; фиксацию просадок, выпоров, перекосов; описание их параметров. При обследовании также рекомендуется фиксировать увлажненные места и проявления суффозионных процессов.

7.1.3 При расположении дороги на основном теле оползня или в пределах зоны его влияния необходимо:

- зафиксировать головной уступ и первые частные уступы по отношению к проезжей части дороги;
- оценить степень устойчивости уступов бортов;
- выявить наличие поперечных трещин в частных уступах (их количество, расположение, ширину раскрытия, наличие обводненности, степень угрозы и т. д.).

7.1.4 При первичной рекогносцировке оползневого участка в створе дороги, прилегающих склонах и откосах, а также фрагментов земляного полотна рекомендуется намечать возможные места бурения скважин (см. раздел 7.2) и установки измерительного оборудования для стационарных наблюдений (см. раздел 7.7).

7.1.5 Предельными границами больших оползней могут являться основные водоразделы между главными гидрографическими единицами – ручьями и реками. На склоне эти границы – гребни, которые определяют группы урочищ.

7.1.6 Положение головы произошедшего оползня нередко может определять родник или их группа, балка, лог или распадок с постоянными или периодическим водотоком, значительно увлажненный участок местности, озеро или пруд, крутой склон, резервуары с водой (лотки, каналы и др.).

7.1.7 Зачастую борта оползня могут теряться в рельефе, тогда границы между оползнем и рельефом определяются по косвенным признакам:

- тело оползня у борта имеются следы растяжения;
- различный цвет травы с разным направлением роста;
- хворост у борта повернут по направлению оползня;
- более рыхлый грунт вблизи к краю оползня;
- корни волочения у деревьев и кустарников растущих у борта и прочее.

7.1.8 Язык оползня определяется по его значительному обводнению, сочной траве, растущей в его пределах и других влаголюбивых растений.

7.1.9 Для первичной оценки величины оползневого процесса рекомендуется использовать таблицу 4.3 СП 11-105 (часть II), использующую следующие критерии его размеров: небольшой (тысячи м³), средний (десятки тысяч м³), большой (сотни тысячи м³), очень большой (миллионы м³) и чрезвычайно большой (десятки миллионов м³).

7.1.10 Средние оползни при своей активизации могут перекрыть несколько фаций. Оползни большие и очень большие – перекрывают несколько урочищ любой части местности отличной от окружающих частей.

7.1.11 Существующие инженерные сооружения на исследуемом участке обследуются в соответствии с ГОСТ Р 53778 и [2]. Оценка технического состояния земляного полотна дороги проводится по изучению сохранности им профиля, единого створа, отсутствию осадок, ступеней, сплывов на откосах, трещин по грунту.

7.1.12 Анализ полученных данных должен обеспечить выявление причинно-следственных связей образования оползневого процесса в увязке с геологическим и гидрогеологическим строением участка, интенсивностью движения, продольным профилем и виражом покрытия автомобильной дороги.

7.2 Проходка горных выработок

7.2.1 Горнопроходческие работы следует выполнять в соответствии с требованиями СП 11-105 (часть I), [3].

7.2.2 Проходка горных выработок на оползневом склоне осуществляется для выполнения следующих задач:

- установление или уточнения геологического разреза и условий залегания грунтов: мощность, минеральный и литологический состав, структурно-текстурные особенности, изменчивость в плане и по глубине;
- установление или уточнение условий залегания подземных вод, их изменчивость в плане и разрезе;
- отбор проб грунта для проведения полевых исследований свойств грунтов (см. раздел 7.4), определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов (см. раздел 7.5), и производства геофизических исследований (см. раздел 7.3);

- устройства скважин для выполнения стационарных наблюдений (см. раздел 7.7).

7.2.3 Горнопроходческие работы выполняются в следующей последовательности:

- вынос в натуру места расположения горных выработок;
- подготовка площадки к бурению;
- проходка горных выработок (скважин, шурфов, канав, расчисток);
- ведение полевого журнала;
- описание керна, отбор и упаковка образцов (монолитов), проб грунта и воды;
- ликвидационный тампонаж.

7.2.4 Организация буровых и горнопроходческих работ на оползнеопасных участках автомобильных дорог выполняется в соответствии с программой изысканий. В программе работ указывается: состав, технология, объемы буровых и горнопроходческих работ (количество и места расположения горных выработок, их глубина, конструкция, способы проходки, опробования и ликвидации).

7.2.5 Количество горных выработок на оползневых участках автомобильных дорог необходимо устанавливать с учетом сложности инженерно-геологических условий, стадийности проектирования, типа и масштаба развития склоновых процессов, степени изученности этих условий, а также категории дороги (таблица 3).

7.2.6 Выработки следует размещать как по продольным (по направлению движения оползня), так и по поперечным створам, вдоль осей оползней второго и более высоких порядков. При исследовании оползней, возникающих на бортах (берегах) водоемов, разведочные створы должны быть продолжены в акваторию с учетом положения базиса оползня. На оползнеопасных участках автомобильных дорог, где предполагается

возведение противооползневых линейных сооружений, рекомендуется располагать створы по оси проектируемых конструкций.

7.2.7 Расстояние между выработками по основному продольному створу следует принимать таким, чтобы обеспечить получение достоверного разреза оползневого склона (таблица 3). На участках основных перегибов рельефа следует производить сгущение разведочных выработок, что позволит: уточнить механизм смещения, характер сопряжения отдельных ступеней оползня, выявить изменение уклонов поверхности коренных пород и др. Расстояние между выработками должно обеспечивать возможность построения инженерно-геологических разрезов с детальностью, соответствующей масштабу инженерно-геологической съемки, и выполнение расчетов устойчивости склонов (откосов).

7.2.8 Горные выработки следует проходить ниже предполагаемого ложа оползня до коренных пород для проверки их несмещенности, выявления и изучения различных зон в коре выветривания и т. п.

7.2.9 Выбор вида горных выработок, способа и разновидности бурения следует производить исходя из целей и назначения выработок с учетом условий залегания, вида, состава и состояния грунтов, крепости пород, наличия подземных вод и намечаемой глубины изучения геологической среды (таблица 4).

7.2.10 Одним из основных видов горнопроходческих работ при производстве инженерно-геологических изысканий на оползневых участках автомобильных дорог, обеспечивающих получение наиболее полного объема данных о грунтах, является проходка шурфов (дудок). Их следует размещать на труднодоступных крутых участках оползневых склонов. Горнопроходческие выработки имеют преимущество перед скважинами в том, что в процессе работ возможно непосредственно фиксировать характер напластования пород, отбирать структурно ненарушенные образцы грунтов и проводить их испытания в условиях естественного залегания. Однако этот процесс более трудоёмкий.

Таблица 3 – Количество разведочных створов и их глубины в зависимости от стадии проектирования и категория дороги

Стадия проектирования		Количество створов по направлению смещения оползня	Количество выработок в створе	Глубина выработок
Предпроектные работы	Категория дороги	IA...IB, II	Не менее 3 в створе (1 выработка выше контура головы оползня, 1 выработка в пределах границ оползня, 1 выработка ниже по склону оползня)	Не менее, чем на 5 м глубже мощности оползневых накоплений или основного деформированного горизонта
		III - IV		
		V		
Проектная документация	Категория дороги	IA...IB, II	Не менее 3 на каждом крупном (более 30 м) элементе оползневого рельефа, включая 4 и более скважины за приделы оползневого тела	Не менее чем на 5 м глубже мощности оползневых накоплений или основного деформированного горизонта
		III -		
		V	От 5–6 и более на каждый створ, 6 на устойчивые части за пределами оползневого тела	
Рабочая документация	Категория дороги	IA...IB, II	Не менее 3 на каждом крупном (более 30 м) элементе оползневого рельефа, включая устойчивые части – выше бровки срыва и ниже языка оползня	Не менее чем на 5 м глубже мощности оползневых накоплений или основного деформированного горизонта
		III - IV		
		V	1 – по оси оползня, 1 – по борту оползня	

7.2.11 При бурении скважин применяются следующие основные способы: ударно-канатный кольцевым забоем, колонковый, вибрационный и шнековый (таблица 5). Во всех этих способах процесс бурения, как правило, механизирован. Применение других способов бурения допускается при соответствующем обосновании в программе изысканий

Т а б л и ц а 4 – Виды, глубины и назначение разведочных горных выработок при инженерно-геологических изысканиях

Вид горных выработок	Рекомендуемые размеры и глубина горных выработок, м	Условия применения горных выработок
Закопушки	Небольшая воронкообразная выработка диаметром 0,3 м и глубиной 0,5–0,8 м	Выполняется для вскрытия горных пород, залегающих под почвенным слоем
Расчистки	Глубиной до 1,5 м	Применяется в местах естественных обнажений на крутых склонах, для вскрытия пород, перекрытых слоем почвы, делювия или осыпи
Шурфы и дудки	Вертикальная горная выработка сечением примерно 1,25x1,5 м и глубиной до 20 м, прямоугольного (шурфы) или круглого (дудки) сечения	Данный вид выработок проводится в сухих, рыхлых горизонтальных или чуть наклонных пластах и дает возможность произвести осмотр и фотографирование залегания пластов
Штольня	Горизонтальная выработка трапецеидального сечения, высотой около 1,8 м, шириной по основанию 1,3–1,7 м, а по верху – 1 м, имеющая выход на поверхность	Этот вид горных выработок предназначен для решения различных задач: определения трещиноватости и фильтрационных свойств грунтов в береговых участках, для выявления суффозионных процессов
Скважины	Горная выработка круглого сечения глубиной от 5 до 150 м	Бурение скважин позволяет подробно изучить геологический разрез

7.2.12 Наиболее информативным способом бурения в крепких и твердых грунтах является колонковый метод с промывкой или продувкой. При колонковом бурении разрушение породы в забое производится прорезанием кольцевого канала при помощи вращения колонковой трубы с размещенной на ее конце буровой коронкой. При этом в центральной части забоя (внутри колонковой трубы) образуется керн в виде столбика ненарушенной структуры. После образования керна достаточной длины его отрывают от массива при помощи кернорвателя, устанавливаемого на колонковой трубе сразу над коронкой и поднимают на поверхность. Следует отметить, что на оползневых склонах колонковое бурение производится «всухую», углубление скважин в этом случае осуществляется грунтоносами обуривающего типа.

7.2.13 Вместо промывки возможна продувка забоя сжатым воздухом. Продувка имеет ряд преимуществ перед промывкой, а именно исключается:

- увлажнение оползневого тела;
- размыв керна;
- возможность загрязнения и увлажнения шлама.

Т а б л и ц а 5 – Способы и разновидности бурения скважин при инженерно-геологических изысканиях

Способ	Разновидность	Диаметр, мм	Условия применения	Примечания
Колонковый	С промывкой водой	34–146	Скальные неветрелые (монолитные) и слабоветрелые (трещиноватые)	Преимуществом является возможность бурения в породах любой крепости под различными углами наклона к горизонту, а также получение образцов в виде керна
	С промывкой глинистым раствором	73–146	Скальные слабоветрелые (трещиноватые); ветрелые и сильноветрелые; крупнообломочные; песчаные; глинистые	
	С продувкой воздухом	73–146	Скальные неветрелые (монолитные) и слабоветрелые, необводненные; дисперсные, твердомерзлые и пластичномерзлые	
	С призабойной циркуляцией промывочной жидкости	89–146	Скальные ветрелые и сильноветрелые (рухляки), обводненные, глинистые	
	Всухую	89–146	Скальные ветрелые и сильноветрелые (рухляки), песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные	
Ударно-канатный кольцевым забоем	Забивной	108–325	Песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные	Данный вид работ имеет большой недостаток в том, что очень трудоёмок и слишком маленький темп работы
	Колущий	89–168	Глинистые слабообводненные	
Ударно-канатный сплошным забоем	С применением долот и желонки	127–325	Глинистые слабообводненные	

Вибрационный	С применением вибратора или вибромолота	89–168	Песчаные и глинистые обводненные и слабообводненные	Этот метод имеет высокую производительность, а также дает возможность отобрать образцы грунта с ненарушенной структурой
--------------	---	--------	---	---

7.2.14 Существенная причина, препятствующая широкому использованию продувки сжатым воздухом, заключается в геолого-гидрогеологическом ограничении возможности данного способа бурения: продувание забоя наиболее целесообразно только в сухих скважинах.

7.2.15 Бурение горных выработок буровыми установками осуществляется с горизонтально участка, очищенного от кустарника и посторонних предметов. На крутых косогорах следует создавать выемки в виде уступа или траншеи.

7.2.16 При подготовке рабочей площадки необходимо учитывать значительный объем извлекаемого грунта, количество которого определяется расчетом для обустройства отвалов грунта. При незначительной глубине выработок рекомендуемыми типами отвалов породы являются полукольцевые ленточные и веерообразные.

7.2.17 Проходка горных выработок на оползневом склоне должна осуществляться оборудованием, по техническим параметрам соответствующим физико-механическим свойствам грунтов и характеристикам горных выработок (глубине, диаметру и т. п.).

7.2.18 Проходку скважин осуществляют с помощью бурового оборудования, которое может быть как ручным, так механическим (желательно малогабаритного типа). Бурение скважин вручную применяется только в труднодоступных местах или стесненных условиях. Для оползневых склонов с уклоном более 15 град. и при отсутствии путей проезда к площадке, следует использовать переносные буровые установки размерами не более 2х2х2 м и массой не более 500 кг. Рабочие журналы проведения горных выработок должны оформляться в соответствии с [4].

7.2.19 Для изучения механических и прочностных свойств пород в естественном состоянии бурение следует сопровождать отбором образцов пород с нарушенным сложением и монолитов при помощи грунтоносов различного типа. Так в глинистых грунтах твердой и полутвердой

консистенции следует применять обуривающие грунтоносы, со скоростью их вращения, при отборе монолита, не более 60 об/мин и давлением на забой 150–300 кгс; в грунтах тугопластичной, мягкопластичной и текучепластичной консистенции – вдавливаемые грунтоносы.

7.2.20 Образцы пород для исследований следует отбирать целенаправленно в соответствии с требованиями ГОСТ 12071, для чего уже в полевых условиях необходимо производить предварительное инженерно-геологическое расчленение слагающей склон толщи пород. Основное количество образцов должно отбираться из ослабленных зон.

7.2.21 Весь полученный керн укладывается в специальные ящики и производится его фотофиксация. Керн каждого рейса отделяют от последующего деревянной биркой, в которой указывают номер скважины, интервал глубины рейса, дату и фамилию геолога. Укладка керна на землю, асфальт и другое покрытие недопустима.

7.2.22 При описании керна особое внимание следует уделять наклону прослоев и линз, зонам дробления и смятия, поверхностям скольжения (их частоте, ориентировке и углу наклона, наличию борозд и т. п.). Для выделения ослабленных зон рекомендуется использовать поверхностное пенетрационное опробование микропенетрометром или другими подобными устройствами. При описании «рыхлых» склоновых накоплений большое внимание следует уделять: цвету пород, наличию признаков ожелезнения, карбонатности, степени перемятости пород, наличию и характеру обломочных включений, степени окатанности обломков и характеру их распределения во вмещающей толще и др.

7.2.23 Часть пройденных разведочных выработок согласно разделу 7.7 используется для заложения пунктов стационарных наблюдений за оползневыми подвижками и режимом подземных вод. Выработки, подлежащие ликвидации, тампонируются или засыпаются с послойной трамбовкой. Ликвидационный тампонаж (глиной или цементным раствором) по окончании проходки следует осуществлять с поинтервальной изоляцией

вскрытых водоносных горизонтов и созданием приустьевых глинистого или цементного замка для предотвращения попадания вод поверхностного стока.

7.3 Геофизические исследования

7.3.1 Задачи геофизических работ:

- выполнение геофизических исследований в составе инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог состоит в получении полной, объективной и достоверной информации об состоянии этих объектов, для обеспечения предпроектной и проектной стадий работ по проектированию противооползневых мероприятий и мониторинга состояния этих объектов для обеспечения условий работы и степени соответствия фактических потребительских свойств, параметров и характеристик требованиям норм безопасности, безаварийного функционирования и бесперебойного движения по автодорогам;
- определение фактических и потенциально возможных зон оползневого смещения, которые могут быть приурочены, в частности, к грунтам мягко- и текучепластичной консистенции;
- Сейсмоакустические измерения динамических нагрузок от проходящего транспорта в период пиковых нагрузок;
- выделение зон разной степени выветрелости, прибортовой трещиноватости и разуплотнения;
- определение мощности оползневых масс грунтов, осыпей и обвальных отложений;
- определение границ обводненных зон в грунтовом массиве;
- определение изменений свойств грунтов вблизи зоны смещения;
- определение изменений напряженного состояния склона;
- выявление мест утечки воды из подземных коммуникаций;

- выявление на склоне старых заброшенных и действующих дренажей, сетей подземных коммуникаций и т. п.

7.3.2 Полученная на основе проведения работ информация служит для формирования и систематического обновления электронных каталогов геологических документов Автоматизированной Системы Учета неопубликованной геологической информации на территориальном уровне (например – ФГУ Территориальный Фонд геологической информации по Южному Федеральному округу) и на федеральном уровне на основании и по правилам «Временного регламента информационного взаимодействия ФГУНПП РОСГЕОЛФОНД и федеральных государственных учреждений ФГУ Территориальные фонды геологической информации».

7.3.3 Нормативные документы, на основании которых выполняются геофизические работы при инженерно-геологических изысканиях на оползневых склонах: СП 11-105 (часть II), СП 11-105 (часть VI), [5], [6] и [7].

7.3.4 Геофизические методы исследования должны быть неотъемлемой составной частью комплекса методов, используемых при обследовании состояния склонов, прилегающих к автодорогам.

7.3.5 Возможность применения геофизических методов основана на различии физических свойств горных пород в зависимости от их состава и состояния.

7.3.6 Основными методами оценки состояния склонов являются сейсморазведка, электроразведка и георадиолокация.

7.3.7 Специализированные геофизические исследования являются частью инженерно-геологических изысканий в соответствии с СП 11-105 (часть I). Необходимо совмещать результаты геофизических исследований с материалами горнопроходческих работ, испытаний грунтов и гидрогеологических изысканий.

7.3.8 Сейсмические исследования на теле оползня проводятся для решения следующих задач:

- определение геологического строения оползневого склона – тела оползня, поверхности скольжения, положение скальных пород;

- определения направления скольжения тела оползня;
- определение уровня грунтовых вод;
- определения уровня динамических нагрузок со стороны внешних источников;
- определение деформационных свойств грунтов, слагающих оползень.

7.3.9 Сейсмоакустические измерения динамических нагрузок от проходящего транспорта в период пиковых нагрузок. Производятся при обследовании на предпроектной стадии противооползневых мероприятий и в качестве элемента мониторинга грунтового массива на склоне или откосе. Основаны на наблюдении изменений параметров собственных колебаний, возникающих под действием различных динамических нагрузок. Наблюдения проводятся как на поверхности грунтового массива, так и в неглубоких скважинах.

7.3.10 Электротомография относится к группе методов электроразведки на постоянном токе. В трехмерном варианте позволяет получить куб данных о строении массива по признаку удельного электрического сопротивления. В свою очередь, удельное электрическое сопротивление тесно связано с физическими характеристиками – пористостью, влагонасыщением, глинистостью и т. д. Метод обладает глубиной не менее 1/3 максимального линейного размера площади исследований.

7.3.11 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 – пористостью, влагонасыщением, глинистостью и т. д.

7.3.12 Георадар хорошо работает на грунтах, имеющих высокое электрическое сопротивление. Напротив, низкоомные породы, такие как глины, могут являться непреодолимым барьером для изучения методами георадиолокации. Так как часто породы тела оползня представлены

влажными глинистыми разностями, георадиолокация на теле оползня носит вспомогательный характер.

7.3.13 Простота выполнения полевых работ позволяет рекомендовать этот метод для обследования состояния склонов наряду с сейсмическими методами и электроразведкой.

7.3.14 Порядок и периодичность выполнения работ по оценке состояния оползнеопасных склонов и откосов автомобильных дорог геофизическими методами представлены в таблице 6.

Т а б л и ц а 6 – Порядок и периодичность выполнения работ по оценке состояния оползнеопасных склонов и откосов автомобильных дорог геофизическими методами

Виды работ	Периодичность (для уровня нормы контролируемых критериев)
Георадиолокационная съемка по сети профилей (обеспечивает глубинность исследований до 10 м в песчаных грунтах)	на предпроектной стадии, а также на стадии разработки проектной и рабочей документации устройства противооползневых мероприятий и после проведения противооползневых мероприятий
а) Многоволновая сейсморазведка методом общей глубинной точки на поверхности склона по сети профилей. б) Сейсмоакустический каротаж скважин	на предпроектной стадии, а также на стадии разработки проектной и рабочей документации устройства противооползневых мероприятий и после проведения противооползневых мероприятий
Электроразведка методом электротомографии по сети профилей (обеспечивает глубинность исследований до 50 м)	на предпроектной стадии, а также на стадии разработки проектной и рабочей документации устройства противооползневых мероприятий и после проведения противооползневых мероприятий
Сейсмоакустические измерения динамических нагрузок от проходящего транспорта в период пиковых нагрузок по сети профилей	на предпроектной стадии, а также на стадии разработки проектной и рабочей документации устройства противооползневых мероприятий и после проведения противооползневых мероприятий

Примечание: все геофизические работы выполняются специалистами в области инженерной геофизики.

7.3.15 Объемы геофизических исследований (сеть, количество точек), тип и размеры применяемых установок, периодичность наблюдений следует устанавливать в программе изысканий в соответствии с требуемой

детальностью изучения инженерно-геологических условий территории (масштабом инженерно-геологической съемки, типом и масштабностью склоновых процессов) с учетом необходимости проведения наблюдений в максимально сжатые сроки (на участках с активным проявлением оползневого процесса), комплексирования наземных (площадных) и скважинных геофизических методов.

7.3.16 Конкретный объем исследований по наземным геофизическим методам исследований может быть вычислен и требуемого масштаба инженерно-геологической съемки расстояние между геофизическими профилями на плане в масштабе съемки должно быть равно 1 см. Каротажные наблюдения рекомендуется ставить во всех инженерно-геологических скважинах. Количество физических наблюдений по профилям и в скважинах определяется конкретными методиками геофизических исследований.

7.3.17 Оценка состояния оползнеопасных склонов и откосов автомобильных дорог геофизическими методами включает четыре основных этапа, которые выполняются, как правило, последовательно:

- подготовительные работы (помимо универсальных подготовительных работ для всех видов инженерно-геологических изысканий – см. п. б): подлежащие обследованию участки оползнеопасных склонов и откосов дорог предварительно разбивают на характерные участки с разной степенью опасности и доступности для геофизических методов исследования (по данным визуального обследования и результатам предыдущих работ);
- фиксируют данные о пикетажном местоположении границ соответствующих участков объектов исследования;
- составляют схемы участков объектов исследования;
- производят оценку объемов работ в увязке со стадийностью проектирования противооползневых мероприятий;

- определяют базовые места дислокации рабочих групп на время производства полевых работ;
- устанавливают последовательность и сроки проведения исследований, как по видам работ, так и по участкам с учетом календарного плана работ, содержащегося в контракте (договоре) на проектирование противооползневых мероприятий;
- проводят согласование работы с органами ГИБДД и органами управления автомобильными дорогами;
- полевые обследования;
- камеральная обработка полученной информации: ввод полевых данных в соответствующие каждому методу системы обработки геофизической информации с учетом, цифровая обработка данных по графам обработки, соответствующих каждому из геофизических методов, ввод априорной информации и информации, полученной из других методов исследований в соответствующие системы обработки, интерпретация результатов обработки;
- формирование баз данных.

7.3.18 Для ускорения работ допускается совмещение отдельных этапов (подготовительные работы и полевые обследования, полевые обследования и обработка полученной информации и т. д.).

7.3.19 Составление схемы участков объектов исследования. Оценка объемов работ в увязке со стадийностью проектирования противооползневых мероприятий. Определение базовых мест дислокации рабочих групп на время производства полевых работ. Установление последовательности и сроков проведения исследований, как по видам работ, так и по участкам с учетом календарного плана работ, содержащегося в контракте (договоре) на проектирование противооползневых мероприятий. Согласование работы с органами ГИБДД и органами управления автомобильными дорогами.

7.4 Полевые исследования грунтов

7.4.1 Полевые исследования грунтов следует использовать для оценки физико-механических свойств грунтов в массиве, установления характера пространственной изменчивости свойств грунтов, выявления, уточнения и прослеживания границ литологических тел (пластов, прослоев, линз) и др.

7.4.2 При проведении работ по полевым исследованиям грунтов на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог, следует руководствоваться СП 11-105 (части I и II), ГОСТ 20276, ГОСТ 19912, ГОСТ 5686, ГОСТ 30672, ГОСТ 20276 и [8].

7.4.3 Полевые исследования грунтов включает в себя следующий состав работ:

- испытания микропенетрацией для расчленения однородных по визуальным признакам толщ;
- определение деформационных характеристик грунтов при помощи испытаний статическими нагрузками штампами и (или) прессиометрами по ГОСТ 20276;
- определение прочностных характеристик – срезом целиков грунтов и (или) вращательным (поступательным) срезом по ГОСТ 20276;
- проведение статического и динамического зондирования согласно ГОСТ 19912;
- полевое испытание грунтов сваями, согласно ГОСТ 5686.

7.4.4 Размер, конфигурация и глубина зоны, в пределах которой проводится полевое исследование грунтов, а также количество горных выработок на обследуемой территории устанавливается в зависимости от возможного влияния сооружений и оползневых процессов, сложности инженерно-геологических условий исследуемой территории и стадии проектирования (таблица 7).

7.4.5 Промежуток времени между окончанием бурения опытной скважины и началом испытания грунта выше уровня подземных вод не должен превышать 2 часов, ниже уровня подземных вод – 0,5 часов.

Исключение составляют испытания грунта штампами, при которых за указанное время необходимо только установить штамп на забой выработки.

Т а б л и ц а 7 – Виды и объемы работ на оползнеопасных склонах в зависимости от стадии проектирования

Предпроектная документация	Проектная документация	Рабочая документация
Статическое и динамическое зондирование, прессиометрия. Количество точек статического и (или) динамического зондирования должно быть не менее 6 на каждом геоморфологическом элементе.	Статическое и динамическое зондирование. Точки зондирования следует размещать в створах горных выработок в количестве не менее 6 для каждого инженерно-геологического элемента (ИГЭ). Испытания штампами и срезов целиков – не менее 3 для каждого ИГЭ. Прессиометрия и вращательный срез – не менее 6 для каждого ИГЭ. При проектировании свайных фундаментов с длиной забивных свай до 15 м – не менее 6 для каждого характерного участка, а для статических испытаний натуральных свай – не менее 2.	Испытания грунтов штампами для корректировки значений модуля деформации в количестве не менее 3 для каждого ИГЭ. Прочностные характеристики путем среза целиков грунтов и (или) вращательным (поступательным) срезом, а также методами статического и динамического зондирования (для песков), для каждого ИГЭ не менее 6. В пределах каждого здания и сооружения, проектируемого на свайных фундаментах, количество испытаний статическим зондированием и эталонной сваей – не менее 6, а статических натуральных свай – не менее 2.

7.4.6 Микропенетрация грунтов, слагающих оползневое тело, дает возможность качественно охарактеризовать прочность грунта и количественно оценить его консистенцию. Микропенетрацию следует выполнять во всех случаях инженерно-геологических изысканий при проведении разведки и опробования грунтов.

7.4.7 Испытания грунта статическими нагрузками штампами проводят в горных выработках или в массиве грунта, слагающего оползневое тело, при сохранении его природного сложения. Испытание штампом проводят для определения следующих характеристик деформируемости:

- модуля деформации для скальных, полускальных, крупнообломочных грунтов, песков, глинистых, органоминеральных и органических грунтов;
- начального просадочного давления;
- относительной деформации просадочности для просадочных глинистых грунтов при испытании с замачиванием, кроме набухающих и засоленных грунтов при испытании с замачиванием.

7.4.8 Погружение винтового штампа производят завинчиванием механически или вручную ниже забоя скважины или с поверхности в массив грунта без бурения скважины. При испытаниях в скважинах глубина завинчивания винтового штампа ниже забоя скважины должна составлять 0,5 м для глинистых грунтов текучепластичной и текучей консистенции и насыщенных водой песков и 0,3 м – для остальных грунтов. Испытания штампом, выбор его размера, степени нагружения и вычисления характеристик деформируемости грунта, проводятся согласно ГОСТ 19912.

7.4.9 Для определения гранулометрического состава крупнообломочных грунтов и гравелистых песков используют грохочение и ситовой рассев проб по фракциям. Для определения плотности проб в полевых условиях применяют способы мерной лунки и мерного куба.

7.4.10 Испытания методом зондирования, применяются для определения деформационных и прочностных свойств, а так же выделения границ между инженерно-геологическими элементами. Различают статическое и динамическое зондирование.

7.4.11 Статическое зондирование состоит в погружении зонда в грунт путем плавного задавливания под действием статической нагрузки и определения величины этого усилия. Этот метод используется при изучении песчаных, глинистых и органогенных грунтов, которые не содержат или мало содержат примесей щебня или гальки. Статическое зондирование дает возможность получить:

- качественную оценку толщи грунтов и их изменение в вертикальном разрезе;
- определить глубину залегания скальных и крупнообломочных грунтов;
- оценить качество искусственно уплотненных грунтов в насыпях;

- определить плотность грунта, угол внутреннего трения, модуль деформации, удельное давление на глинистые грунты и консистенцию глинистых грунтов.

7.4.12 Динамическое зондирование – процесс погружения зонда в грунт под действием ударной нагрузки (ударное зондирование) или ударно-вибрационной нагрузки (ударно-вибрационное зондирование) с измерением показателей сопротивления грунта внедрению зонда. При динамическом зондировании измеряют:

- глубину погружения зонда от определенного числа ударов молота (залога) при ударном зондировании;
- скорость погружения зонда при ударно-вибрационном зондировании;
- по данным измерений вычисляют условное динамическое сопротивление грунта погружению зонда.

7.4.13 Динамическое зондирование следует выполнять непрерывной забивкой зонда в грунт свободно падающим молотом или вибромолотом, соблюдая порядок операций, предусмотренный инструкцией по эксплуатации установки.

7.4.14 Метод динамического зондирования рекомендуется главным образом для качественной оценки толщи грунтов. Этот метод применяется для оценки относительной плотности и однородности грунтов, в основном для сравнительной оценки плотности сложения песчаных грунтов с целью выявления и оконтуривания более рыхлых участков. Испытания и расчеты результатов исследования грунтов проводятся согласно ГОСТ 19912.

7.4.15 Работы по исследованию прочностных характеристик грунтов, слагающих оползневые склоны вблизи автомобильных дорог, включают в себя: сдвиг целика и призмы в горных выработках, испытания крыльчаткой (вращательный срез), прессиометрические испытания (поступательный срез).

7.4.16 Полевые испытания методом вращательного среза, используют для определения сопротивления сдвигу в глинистых грунтах на глубинах до 10–12 м.

7.4.17 Лопастные испытания выполняются для глинистых грунтов мягкопластичной текучей и текучепластичной консистенции, слагающих поверхности скольжения оползневых тел, являются основным методом определения сопротивления этих грунтов сдвигу, поскольку отбор монолитов из них затруднен.

7.4.18 В скальных грунтах опыты проводят в строительных котлованах, в которых оставляют целики в виде нарушенного грунта столбчатого вида. Для правильного определения внутреннего трения и удельного сцепления опыт проводят на 3-х столбчатых целиках.

7.4.19 Определение сопротивления сдвигу в нескальных грунтах выполняют при кручении крыльчатки. Заглублённую крыльчатку поворачивают до тех пор, пока не произойдёт разрушения грунта крыльями.

7.4.20 Методом прессиометрии определяют деформационные свойства (модуль деформации) и прочностные свойства (удельного сцепления и угла внутреннего трения) скальных, полускальных и песчанисто-глинистых грунтов, вскрытых в стенках буровых скважин.

7.4.21 Прессиометрические испытания производятся путём нагнетания давления в эластичную камеру, размещаемую на определенной глубине в буровой скважине, и замера возникающих при этом деформаций изучаемой породы. Прессиометрический метод позволяет определить деформацию горных пород в инженерно-геологических скважинах с помощью

эластичного или жесткого цилиндрического штампа. Прессиометрические испытания имеют следующий ряд преимуществ:

- с их помощью можно изучать свойства практически любых грунтов: от скальных до дисперсных;
- испытания можно проводить в скважинах на глубинах до 50 м;
- возможно проводить измерения модуля деформации в любом направлении, что определяется расположением пробуренной скважины;
- продолжительность одного эксперимента обычно составляет 30 минут;
- при проведении опыта не нужно бурить инженерно-геологические скважины большого диаметра;
- оборудование для проведения опытов достаточно компактное;
- стоимость опыта меньше, по сравнению со штамповыми испытаниями.

Недостатками прессиометрического метода считаются трудности при проведении испытаний в инженерно-геологических скважинах с обрушающимися стенками и изучение свойств грунтов с анизотропными свойствами, когда модуль деформации необходимо определять в перпендикулярном к обычному направлению.

7.4.22 При использовании метода опытных свай в пылевато-глинистый грунт строительной площадки забивают железобетонную сваю, при этом наблюдают за характером погружения сваи и сопротивляемостью грунта. На сваю дают нагрузку и определяют ее несущую способность, как в условиях природной влажности грунта, так и при его замачивании. Результаты испытаний сравнивают с расчетными данными, полученными на основе лабораторных исследований грунта.

7.4.23 Полевые испытания грунтов сваями, проводят для обоснования выбора типа фундаментов, их параметров и способов устройства, в том числе:

- определения вида и размеров свай и их несущей способности;
- проверки возможности погружения свай на намечаемую глубину, а также относительной оценки однородности грунтов по их сопротивлению погружению свай;
- определения зависимости перемещения свай в грунте от нагрузок и во времени.

7.4.24 В состав установки для испытания грунтов сваями статическими вдавливающими, выдергивающими или горизонтальными нагрузками должны входить:

- устройство для нагружения сваи (домкраты или тарированный груз);
- опорная конструкция для восприятия реактивных сил (система балок или ферм с анкерными сваями и/или грузовая платформа);
- устройство для измерения перемещений сваи в процессе испытания (реперная система с измерительными приборами).

7.5 Гидрогеологические исследования

7.5.1 Гидрогеологические наблюдения при изысканиях на оползнеопасных участках автомобильных дорог проводятся для выполнения следующих задач:

- выявления общей картины обводненности склонов, направления и характера движения подземных вод в толще слагающих склон пород;
- изучения режима уровней подземных вод – для учета их наиболее неблагоприятного положения при расчетах устойчивости склонов;
- изучения режима и баланса подземных вод на оползневых склонах – для выявления источников обводнения тела оползня с их количественной оценкой;
- получения фильтрационных характеристик пород, необходимых для гидрогеологических расчетов;
- изучения роли подземных вод в формировании зон ослабления в толще пород склона.

7.5.2 Методика опытно-фильтрационных работ, оборудование и подготовка скважин к испытаниям должны соответствовать требованиям СНиП 2.04.02, СНиП 3.05.04 и ГОСТ 23278. Виды и объемы работ в зависимости от стадии проектирования приведены в таблице 8.

Т а б л и ц а 8 – Виды и объемы работ в зависимости от стадии проектирования

Предпроектная документация	Проектная документация	Рабочая документация
Допускается применение экспресс-откачек в процессе или после бурения скважин. Количество опытов для водоносного горизонта следует принимать не менее 6. Из каждого водоносного горизонта следует отбирать не менее 3 проб воды на стандартный химический анализ.	На опорных участках следует проводить пробные и опытные одиночные откачки, при соответствующем обосновании – опытные кустовые откачки. Применяются откачки воды тартанием в процессе бурения скважин, в количестве не менее 6 для	Опытно-фильтрационные работы (откачки, наливов, нагнетания) необходимо производить в контуре строительных котлованов.

Предпроектная документация	Проектная документация	Рабочая документация
	каждого водоносного горизонта. Количество опытов по определению фильтрационных свойств грунтов должно составлять не менее 3 для каждого водоносного горизонта. Гидрохимическое опробование скважин в процессе проведения любого вида откачек обязательно.	

7.5.3 Размер территории, по которой следует собирать материал, и глубина изучаемого разреза должны определяться региональными особенностями геолого-гидрогеологических условий района, наличием и характером факторов, влияющих на изменение гидрогеологических условий. Контуры территории проводят, как правило, по естественным (геоморфологические элементы и гидрографическая сеть) или условным гидрогеологическим границам подлежащих изучению водоносных горизонтов, с учетом предполагаемой зоны влияния проектируемого водозабора.

7.5.4 В процессе бурения скважин необходимо проводить гидрогеологические наблюдения за:

- поглощением (потерями) промывочной жидкости и изменениями ее параметров;
- изменениями уровня воды (бурового раствора) в скважине, появлением и установлением уровня подземных вод в течении не менее 1,5–2,0 часов;
- восстановлением уровня воды в скважине по окончании проходки в течении не менее 3 часов;

– величиной напора подземных вод, в том числе при самоизливе воды из скважины (в наращенных обсадных трубах или по показаниям манометра).

7.5.5 При ударно-канатном бурении скважин в водосодержащих породах необходимо отбирать пробы пород на определение гранулометрического состава не реже, чем через каждые 5–10 м, но не менее трех проб из каждого слоя.

7.5.6 Коэффициент фильтрации пород определяется в полевых условиях при помощи откачек воды из скважин и шурфов в зоне полного водонасыщения пород, а так же наливками воды в скважины и шурфы. Наиболее достоверные значения коэффициента фильтрации дают опытные откачки.

7.5.7 При производстве опытных откачек следует обеспечивать предусмотренные программой изысканий их продолжительность, непрерывность, постоянство дебита (или постоянство понижения уровня), количество ступеней понижения уровня, отбор проб воды, необходимые точность и частоту измерений в процессе проведения откачки и наблюдения за восстановлением уровня воды в скважине. Наиболее распространенная разновидность опытно-фильтрационных работ – проведение опытных откачек. Они подразделяются на одиночные и кустовые откачки.

7.5.8 При помощи одиночных откачек определяются удельные дебиты скважин, устанавливается зависимость дебита от понижения, определяются приближенные коэффициенты фильтрации пород. К этому же типу откачек относятся оттартовка и кратковременные откачки «на слив», т. е. откачки из напорных водоносных горизонтов, когда пьезометрический уровень устанавливается значительно выше устья скважины и не требуется применения насосного оборудования.

7.5.9 Кустовые откачки проводятся на поздних стадиях изысканий, на участках проектируемых дренажей, водопонижительных установок, водозаборов подземных вод. Опытный куст включает в себя центральную

скважину, из которой откачивают воду, и наблюдательные скважины, по которым фиксируют развитие депрессионной воронки в водоносном пласте. Наблюдательные скважины обычно располагаются по лучам. Число и направление лучей зависят от степени неоднородности водоносного пласта, положения его границ в плане и т. д. Чаще всего применяется двухлучевая система. Продолжительность кустовых откачек определяется условием получения во всех наблюдательных скважинах представительных зависимостей изменения уровня воды от времени при квазиустановившемся режиме фильтрации.

7.5.10 Удельное водопоглощение и приведенный расход воды определяются в полевых условиях в изолированные интервалы скважин, как выше, так и ниже уровня подземных вод. Водопроницаемость пород в зоне аэрации в полевых условиях может изучаться с помощью опытных нагнетаний воздуха в скважины и шурфы.

7.5.11 Пробы подземных вод при изысканиях отбираются в процессе проходки и по окончании бурения скважин, в ходе опытных откачек и при стационарных наблюдениях.

7.5.12 Виды анализов и комплекс определений свойств подземных вод устанавливаются в зависимости от задач, решаемых на данном этапе изысканий, сложности и степени изученности гидрогеологических условий территории (участка).

7.6 Обследование грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений

7.6.1 Работы по обследованию грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений (полотна автомобильной дороги с верховыми и низовыми откосами, противооползневых сооружений, объектов дорожной инфраструктуры, прилегающих жилых и промышленных зданий)

на оползнеопасных участках следует проводить в соответствии с СП 11-105 (части I, II, V).

7.6.2 Обследование грунтов оснований фундаментов существующих конструкций выполняется для оценки возможных негативных последствий от реконструкции, расширения или строительства автомобильных дорог, а также при необходимости получения данных для разработки мероприятий, по обеспечению эксплуатационной надежности зданий и сооружений.

7.6.3 Обследование грунтов оснований существующих зданий и сооружений, расположенных в зоне возможной активизации склоновых процессов, производится при выполнении следующих видов работ:

- строительство новых автомобильных дорог, сопряженное с перемещениями грунта и перераспределением напряжений на участках проведения земляных работ;
- проходка котлованов, траншей, пешеходных и транспортных тоннелей, особенно в случаях с применением водопонижения;
- устройство стен в грунте, забивка шпунта или свай вблизи существующих зданий с передачей на их основание динамических нагрузок;
- по учету динамического воздействия от автомобильного транспорта;
- по учету последствий сильных (6 и более баллов) землетрясений.

7.6.4 Обследование грунтов оснований зданий и сооружений включает:

- проходку шурфов и бурение скважин для вскрытия грунтов основания фундаментов, согласно разделу 7.2;
- осмотр и описание стенок шурфов, согласно разделу 7.2;
- геофизические исследования грунтов, согласно разделу 7.3;
- отбор образцов грунтов и проб подземных вод для лабораторных испытаний;
- проведение полевых испытаний грунтов статическим и динамическим зондированием в шурфах и скважинах, согласно разделу 7.4;

– проведение стационарных наблюдений за деформациями грунтов оснований, согласно разделу 7.7.

7.6.5 Размер, конфигурация и глубина зоны, в пределах которой проводится обследование грунтов оснований, устанавливается в зависимости от возможного воздействия строящихся сооружений на изменение напряженного состояния массива грунтов, режима подземных вод и на активизацию опасных геологических процессов. При этом необходимо учитывать соотношение отметок заложения фундаментов окружающей застройки и мероприятий по инженерной защите территории.

7.6.6 Основным способом обследования грунтов оснований зданий и сооружений является проходка шурфов и скважин с отбором монолитов грунтов непосредственно из-под подошвы фундаментов.

7.6.7 Шурфы и скважины закладываются в местах резкого перепада высот, на наиболее загруженных участках сооружений, а также в местах предполагаемых деформаций фундаментов. С целью предупреждения разрушения подземных коммуникаций их расположение рекомендуется согласовать с заинтересованными организациями.

7.6.8 Количество шурфов и скважин устанавливается в зависимости от технического состояния исследуемых сооружений. Их количество зависит от объемно-планировочного и конструктивного решений, а также условий эксплуатации строительных конструкций.

7.6.9 В зависимости от количества секций в сооружении, количество шурфов рекомендуется определять по таблице 9. Общее количество скважин в пределах контура каждого сооружения II уровня ответственности, длиной до 20 м – не менее трех, а для сооружений I уровня ответственности и длиной более 20 м – не менее четырех.

7.6.10 При проходке шурфов грунты тщательно осматриваются через каждые 0,3 м. Отбор образцов грунта обычно производят на уровне и ниже

отметок подошвы фундамента. Схема расположения шурфа и скважины под подпорное сооружение углового типа приведена на рисунке 1.

Т а б л и ц а 9 – Количество шурфов в зависимости от количества секций в сооружении

Число секций в сооружении	Количество шурфов
1	3–5
2	5–8
3–4	7–12
5 и более	12–16

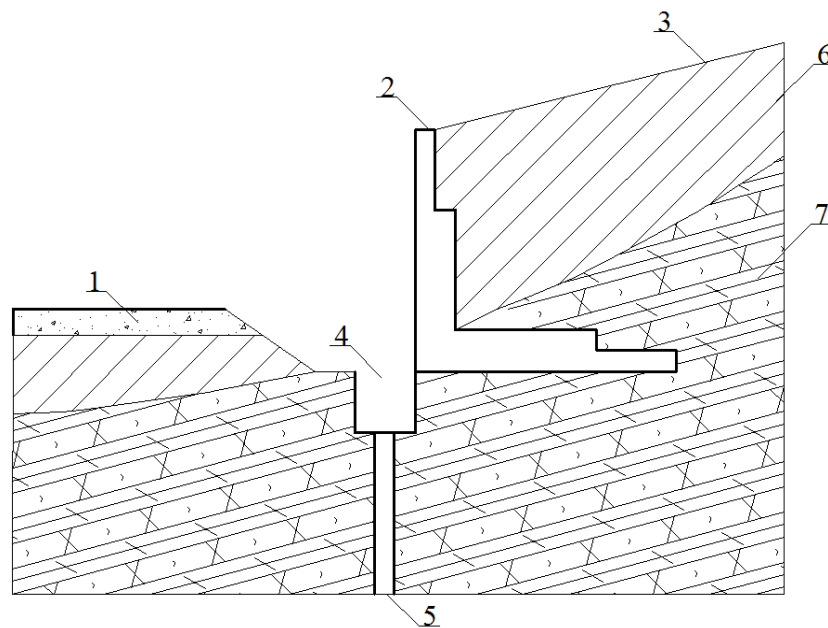


Рисунок 1 – Схема расположения шурфа и скважины около противооползневого сооружения: 1 – автомобильная дорога; 2 – подпорное сооружение углового типа; 3 – поверхность оползневого склона; 4 – шурф; 5 – скважина в шурфе; 6 – делювиальные суглинки; 7 – коренные породы флишевой формации

7.6.11 Ниже отметок подошвы шурфов инженерно-геологические и гидрогеологические условия должны быть исследованы бурением и зондированием, при этом буровые скважины и точки зондирования размещают по периметру сооружения на расстоянии от него не более 5 м.

7.6.12 Отбор, консервацию, хранение, транспортирование проб грунта и воды для лабораторных исследований следует выполнять в соответствии с ГОСТ 12071 и ГОСТ Р 51592.

7.6.13 После выполнения обследования скважины и шурфы должны быть ликвидированы с восстановлением естественного уровня грунта.

7.7 Стационарные наблюдения

7.7.1 Стационарные наблюдения за оползневыми процессами и оползнеобразующими факторами (локальный мониторинг компонентов геологической среды) выполняются согласно ГОСТ Р 22.1.06, СП 11-105 (часть II) и [2] в сложных инженерно-геологических условиях на ответственных участках автомобильных дорог.

7.7.2 В ходе стационарных наблюдений получают количественные характеристики изменений состояния оползневого склона и влияющих факторов для решения следующих задач:

- определить динамику оползневого процесса (частота, скорость смещения и др.);
- выявить связь оползневых подвижек с различными оползнеобразующими факторами;
- установить эффективность принимаемых решений по инженерной защите;
- своевременно получить необходимую информацию для принятия оперативных решений по возникающим аварийным ситуациям на автомобильных дорогах от оползневых процессов.

7.7.3 В комплекс стационарных наблюдений на оползнеопасных участках входят:

- маршрутные наблюдения, в том числе аэровизуальные;
- геофизические исследования;
- наблюдения за оползневыми подвижками;
- гидрогеологические наблюдения.

7.7.4 Маршрутные наблюдения проводятся по трассе автомобильной дороги для контроля оползневой ситуации и оползнеобразующих факторов (раздел 7.1). Наблюдения осуществляют с периодичностью установленной программой работ, а также после прохождения интенсивных ливней, землетрясений силой 5 баллов и выше, снеготаяния и при дополнительных техногенных воздействиях (подрезка, пригрузка склона и т. п.).

7.7.5 В задачи геофизических исследований входят наблюдения за изменениями состояния, состава и свойств грунтов на оползневых склонах. Геофизическую съемку рекомендуется осуществлять в одних и тех же точках или по одним и тем же профилям с периодичностью 1 раз в квартал. Основные положения о проведении геофизических работ представлены в разделе 7.3.

7.7.6 Стационарные наблюдения за оползневыми подвижками рекомендуется осуществлять для:

- определения местоположения зоны смещения оползня;
- изучения величины и скорости оползневых деформаций и оценки их связи с различными факторами;
- оценки эффективности выполненных защитных мероприятий.

7.7.7 Для наблюдений за оползневыми подвижками помимо организации геодезической реперной сети на оползневом участке следует устанавливать специальные приборы (инклинометры, экстензометры, щелемеры, наклонометры и др.) с высокоточной регистрацией величин оползневых деформаций.

7.7.8 Инклинометрические скважины располагают группами на продольных и поперечных створах. Количество створов зависит от размеров оползня и его формы (циркообразной, глетчеровидной, фронтальной и т. п.). Рекомендуемое общее количество створов: от 1–4 для небольших по размерам оползней (объем около 1000 м^3) и до 4–8 для больших (объем около 100000 м^3). При этом минимальное количество створов принимается для глетчеровидных оползней, максимальное – для фронтальных, а расстояния между створами – в пределах от 25 до 100 м в зависимости от размеров оползней. Расстояния между скважинами инклинометров следует принимать от 25 до 50 м.

7.7.9 Для наблюдения за развитием трещин отрыва по бровке срыва устанавливаются экстензометры, ориентированные по направлению смещения (одна стойка экстензометра устанавливается выше трещины, другая – ниже). При наблюдении за трещинами в скальных грунтах используют щелемеры.

7.7.10 Для получения более точных количественных характеристик оползневых смещений поверхностных слоев грунта необходимо использовать геодезические методы наблюдений, выполняемых в соответствии с СП 11-104.

7.7.11 Стационарные гидрогеологические наблюдения при инженерно-геологических изысканиях на оползнеопасных склонах проводятся для:

- изучения режима уровней подземных вод (для учета их наиболее неблагоприятного положения при расчетах устойчивости склонов);
- оценки баланса подземных вод (для выявления источников обводнения тела оползня с их количественной оценкой);
- оценки фильтрационных характеристик пород, необходимых для гидрогеологических расчетов;
- оценки роли подземных вод в формировании зон ослабления в толще пород склона и подготовки оползневого смещения.

7.7.12 Стационарные гидрогеологические наблюдения выполняются по специально оборудованным скважинам, которые располагают с учетом условий залегания подземных вод в плане и в разрезе. При одномерном движении подземных вод достаточно одного расположенного по потоку створа из 3 гидрогеологических скважин. При неоднородном строении в плане закладывается 2–3 створа скважин поперек основного направления движения потока подземных вод. При двух- или трехслойном строении гидрогеологического разреза скважины в створе рекомендуется располагать «поэтажно» (т. е. оборудовать куст скважин, из которых по одной располагать в каждом горизонте).

7.7.13 При изучении баланса подземных вод рекомендуется на одном-двух типичных оползневых участках дополнительно предусматривать 3 створа, расположенных параллельно бровке срыва: на коренном склоне, на теле оползня и ниже оползня. Величину перетока подземных вод между телом оползня и подстилающими несмещенными породами следует устанавливать по наблюдениям в специально оборудованных парных пьезометрах.

7.7.14 Продолжительность наблюдений за подземными водами следует принимать не менее одного гидрологического года, в течение которого наблюдения следует проводить еженедельно, а в периоды активизации оползневых смещений, паводков, снеготаяния, ливневых или продолжительных дождей не реже, чем раз в 3 дня, либо (при применении автоматизированных средств наблюдений) круглосуточно. В последующие годы периодичность наблюдений рекомендуется корректировать в соответствии с выявленными основными закономерностями режима подземных вод и динамики оползневых масс. Один раз в месяц производится отбор пробы воды на химический анализ.

7.7.15 Стационарные гидрогеологические наблюдения рекомендуется осуществлять совместно с метеорологическими наблюдениями, выполняемыми в соответствии с СП 11-103.

7.7.16 Для всех наблюдательных скважин (гидрогеологических, инклинометрических) составляют паспорта, содержащие их геолого-технические разрезы и отметки поверхности земли. В паспорта регулярно вносят изменения обстановки, используемого оборудования и пр. Одновременно производится планово-высотная привязка оголовков скважин, и учитываются их деформации, вызванные оползневыми смещениями.

7.7.17 При наличии в зоне влияния оползневого процесса существующих сооружений (жилых и промышленных зданий, противооползневой защиты, дренажной системы и т. п.) за ними также рекомендуется предусматривать стационарные геотехнические наблюдения согласно ГОСТ Р 53778.

7.7.18 Точность стационарных наблюдений должна обеспечивать достоверность получаемой информации. Измерение каждого параметра рекомендуется осуществлять не менее чем двумя датчиками, приборами или другими средствами контроля.

7.7.19 При существенных изменениях атмосферных условий следует вносить поправки в результаты измерений в зависимости от изменения температуры, влажности воздуха и других внешних факторов.

7.7.20 Состав, методы и сроки выполнения стационарных наблюдений обосновываются в программе инженерно-геологических изысканий с учетом механизма, стадии, масштабности и периодичности проявления оползневого процесса, а также ответственности участка автомобильной дороги и категории оползневого риска.

7.7.21 Рекомендуемый состав стационарных наблюдений на оползнеопасном участке автомобильной дороги в зависимости от категории оползневого риска представлен в таблице 10.

7.7.22 При установлении продолжительности и периодичности наблюдений следует учитывать значительную неравномерность развития оползневого процесса во времени и наличие эпизодически возникающих

природных явлений, активизирующих опасные геологические процессы (наводнения, ливни, штормы, землетрясения и т. п.). Выбранная частота наблюдений должна обеспечивать регистрацию экстремальных (максимальных и минимальных) значений изменения компонентов геологической среды за период наблюдений.

7.7.23 При повышении активности оползневых смещений измерения следует проводить круглосуточно с применением автоматизированных средств наблюдений. В этом случае автоматизированная система наблюдений должна обеспечивать: получение данных измерений по каналам проводной или беспроводной связи, хранение результатов измерений, проверку работоспособности и калибровку оборудования, сравнение измеренных параметров с предельными допустимыми значениями и выполнение функции аварийного оповещения.

Т а б л и ц а 10 – Рекомендуемый состав стационарных наблюдений на оползневом участке автомобильной дороги в зависимости от категории оползневого риска

Вид стационарных наблюдений	Категория оползневого риска				
	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>
Регулярные маршрутные наблюдения	+	+	+	+	–
Геофизические наблюдения	+	+	+	–	–
Наблюдения за оползневыми подвижками	+	+	–	–	–
Гидрогеологические наблюдения	+	+	–	–	–

П р и м е ч а н и я:

1 Методика оценки и описание категорий оползневого риска представлены в разделе 8.3.

2 Для участков автомобильных дорог с категорией оползневого риска *R1* наблюдения за оползневыми подвижками и гидрогеологическими условиями ведутся в автоматическом режиме.

3 Для участков автомобильных дорог с категорией оползневого риска *R5* наблюдения ведутся в рамках эксплуатационного обслуживания дорог.

7.7.24 Начало стационарных наблюдений рекомендуется осуществлять на стадии предпроектных изысканий и проводить их до окончания строительства, а при сложной оползневой обстановке или активизации оползневого процесса – продолжать в период эксплуатации объекта дорожного хозяйства.

7.7.25 В случае если в течение продолжительного периода времени нарастание оползневых деформаций не фиксируется, то принимается решение об уменьшении частоты наблюдений вплоть до их полного прекращения.

7.7.26 В процессе выполнения работ по стационарным наблюдениям Заказчику регулярно представляются промежуточные отчеты с полученными результатами для принятия оперативных решений по уточнению и изменению проектных решений и технологии строительных работ.

7.7.27 При возникновении деформаций или других явлений, отличающихся от прогнозируемых и представляющих угрозу для автомобильной дороги или прилегающих объектов, необходимо незамедлительно информировать об этом заинтересованные организации.

7.7.28 После завершения изысканий стационарную наблюдательную сеть в надлежащем состоянии следует передавать по акту заказчику (застройщику, эксплуатирующей организации) для продолжения наблюдений.

8 Камеральная обработка материалов

8.1 Лабораторные исследования грунтов и подземных вод

8.1.1 Лабораторные исследования грунтов и подземных вод следует выполнять в соответствии с требованиями пп. 5.11, 6.15, 7.16, 8.19 СП-11-105 (часть 1), пп. 4.2.10, 4.4.6, 4.4.7, 4.5.3 СП 11-105 (часть II).

8.1.2 Лабораторные исследования специфических грунтов (набухающих, просадочных и др.) следует выполнять в соответствии с требованиями СП 11-105 (часть III).

8.1.3 Общие требования к подготовке образцов, а также к установкам, приборам и оборудованию для лабораторного испытания грунтов приведены в ГОСТ 30416.

8.1.4 Методы лабораторных испытаний определяют в зависимости от грунтовых условий, с учетом рекомендаций, приведенных в приложении А ГОСТ 30416.

8.1.5 С целью установления степени устойчивости склонов и откосов автомобильных дорог лабораторными испытаниями необходимо определять параметры сопротивления грунта срезу: удельное сцепление и угол внутреннего трения.

8.1.6 Основные требования к выполнению испытаний на одноплоскостной срез представлены в ГОСТ 12248, для немерзлых слабых грунтов, глинистых с повышенной влажностью и переувлажненных ненарушенной структуры и нарушенной (искусственно уплотненных) – в ГОСТ Р 54476.

8.1.7 Монолиты для лабораторных исследований следует отбирать из различных глубин толщи каждого слоя и, по-возможности, в разных частях оползня: головной, средней и языковой, не ограничиваясь отбором образцов грунта земляного полотна.

8.1.8 Количество испытываемых монолитов зависит от стадии проектирования, сложности инженерно-геологических условий

(изменчивость грунтов, наличие водоносных горизонтов, подрезка-пригрузка склонов) и категории автомобильной дороги.

8.1.9 Объем испытаний на этапе предпроектных проработок следует устанавливать в соответствии с таблицей 11. Объем испытаний для разработки проекта назначается в соответствии с таблицей 12. Объем испытаний на этапе разработки рабочей документации определяется по таблице 13.

8.1.10 Метод лабораторного исследования для оценки устойчивости склонов и откосов рекомендуется назначать в зависимости от грунта, в соответствии с таблицей 14.

8.1.11 Для определения прочностных свойств оползневых накоплений монолиты следует отбирать как из слоя в целом, так и из зон скольжения, при этом, если графики рассеяния покажут существенное отличие состояния и свойств грунтов, то статистическая обработка лабораторных данных выполняется отдельно.

8.1.12 Данные о физико-механических свойствах грунтов, полученные лабораторными испытаниями, следует сопоставлять с имеющимися материалами изысканий и научных исследований прошлых лет, включая региональные рекомендации, указания и т. п. Показатели сцепления и угла внутреннего трения оползневых отложений следует также уточнять обратными расчетами.

Т а б л и ц а 11 – Рекомендуемый объем лабораторных испытаний грунтов и подземных вод на этапе предпроектных проработок

	Количество испытаний монолитов		
	Категория автомобильной дороги		
	I–II	III–IV	V
Определение состава и показателей физических свойств	По СП 11-105 (часть I), п. 6.15		
Определение химического состава подземных вод	По СП 11-105 (часть I), п. 6.13		
Оценка механических свойств (угол внутреннего трения, сцепление и модуль деформации)	По СП 11-105 (часть I), п. 6.15, с учетом материалов изысканий и научных исследований прошлых лет		

Т а б л и ц а 12 – Рекомендуемый объем лабораторных испытаний грунтов и подземных вод на этапе разработки проекта

	Количество получаемых показателей		
	Категория автомобильной дороги		
	I–II	III–IV	V
Определение состава и показателей физических свойств	По СП 11-105 (часть I), п. 7.16, СП 11-105 (часть II), п. 4.4.6, с учетом результатов изысканий прошлых лет		
Определение химического состава подземных вод и степени агрессивности к бетону и железобетону	По СП 11-105 (часть I), п. 7.16, с учетом результатов изысканий прошлых лет		
Оценка механических свойств (угол внутреннего трения, сцепление и, при необходимости, модуль деформации)	Не менее 15–20 для оползневых отложений, не менее 15 – для других ИГЭ	Не менее 10–15 для оползневых отложений, не менее 10 – для других ИГЭ	Не менее 10 для оползневых отложений, не менее 6 – для других ИГЭ

Т а б л и ц а 13 – Рекомендуемый объем лабораторных испытаний грунтов и подземных вод на этапе разработки рабочей документации

	Количество получаемых показателей		
	Категория автомобильной дороги		
	I–II	III–IV	V
Определение состава и показателей физических свойств	По СП 11-105 (часть I), п. 8.19, с учетом результатов изысканий прошлых лет		
Определение химического состава подземных вод и степени агрессивности к бетону и железобетону	По СП 11-105-97 (часть I), п. 8.19, с учетом результатов изысканий прошлых лет		
Оценка механических свойств (угол внутреннего трения, сцепление и, при необходимости, модуль деформации)	15–20 по каждому ИГЭ, с уточнениями по результатам изысканий прошлых лет, научных исследований и обратных расчетов	10–20 по каждому ИГЭ, с уточнениями по результатам изысканий прошлых лет, научных исследований и обратных расчетов	Не менее 10 для оползневых отложений, не менее 6 – для других ИГЭ

8.1.13 Помимо стандартных схем лабораторных испытаний грунтов рекомендуется выполнять специальные исследования, моделирующие динамическую нагрузку, позволяющие получать параметры длительной прочности, интервалы колебаний влажности и плотности грунта на склонах и откосах при изменении условий обводнения и т. п.

Т а б л и ц а 14 – Рекомендуемые методы испытания грунтов для оценки устойчивости склонов (откосов)

Грунт	Преимущественный метод лабораторного исследования
Глинистый	Одноплоскостной срез: – неконсолидированный под водой; – по подготовленной поверхности; – по подготовленной и смоченной поверхности
Глинистый (при ползучести)	Метод шариковой пробы
Пески (кроме гравелистых и крупных)	Одноплоскостной срез
Слабые грунты, глинистые грунты с повышенной влажностью и переувлажненные, ненарушенной структуры и нарушенной, являющиеся основаниями насыпей	Одноплоскостной срез по ГОСТ Р 54476
Крупнообломочный с пылеватым и глинистым заполнителем, пылеватый и глинистый с крупнообломочными включениями	Методика ДальНИИС [9]
Скальный (полускальный)	Одноосное сжатие: – в воздушно-сухом состоянии; – в водонасыщенном состоянии
Уплотненный (техногенный)	Консолидировано-дренированное испытание

8.2 Составление прогноза устойчивости склонов и откосов автомобильных дорог

8.2.1 При составлении оценки устойчивости склонов и откосов оползнеопасных участков автомобильных дорог следует руководствоваться СП 11-105 и СНиП 11-02.

8.2.2 По отношению ко времени прогнозы устойчивости склонов и откосов делятся на следующие виды:

- долгосрочные, разрабатываемые на весь планируемый срок существования сооружения (десятки или сотни лет);
- среднесрочные, соизмеримые со сроком строительства;
- краткосрочные (на ближайший год или сезон);
- оперативные (на несколько дней).

8.2.3 Прогноз устойчивости склонов и откосов оползнеопасных участков автомобильных дорог составляется с учетом следующих возможных изменений:

- параметров оползневого тела и поверхности скольжения (увеличение площади развития оползня, мощности смещающегося массива, изменение направления движения оползня и др.);
- прочностных и деформационных параметров грунтов (снижение физико-механических свойств грунтов во всем оползневом массиве при водонасыщении или по поверхности скольжения и др.);
- величины транспортной нагрузки или сооружений;
- планировочные работы (подрезка склона, насыпь и др.).

8.2.4 В регионах с широким распространением набухающих глинистых грунтов необходимо устанавливать интервалы колебаний влажности и плотности сухого глинистого грунта при изменении условий обводнения.

8.2.5 Для прогноза устойчивости и составления предварительных рекомендаций по проектированию удерживающих мероприятий (см. раздел 8.4) необходимо выбрать наиболее характерные расчетные створы, наиболее полно отражающие особенности рассматриваемого участка.

8.2.6 На каждом оползне необходимо построение как минимум одного расчетного створа, приуроченного к его продольной оси. На крупных оползневых участках инженерно-геологические створы намечают по нескольким направлениям, учитывая возможность изменения условий. Направление основного инженерно-геологического створа должно совпадать с главным направлением выявленного или прогнозируемого движения оползня.

8.2.7 Для обеспечения надежности оценок и прогнозов устойчивости рекомендуется осуществлять расчеты различными методами согласно [10] в целях повышения надежности полученных результатов. Наиболее распространенные в инженерной практике методы расчета устойчивости и оползневых давлений делятся на две основных группы: методы предельного равновесия и методы конечных элементов.

8.2.8 Расчеты устойчивости методами предельного равновесия следует выполнять по программам, разработанным, как правило, на основе общепринятых методов расчета: методы Терцаги, прислоненного откоса, Маслова – Берера, Шахунянца, Чугаева; при расчетах устойчивости склонов в слабых породах – методы Можевитинова, Бишопы, Тейлора, Моргенштерна – Прайса, Метод общего предельного равновесия; при расчетах устойчивости склонов в скальных породах – методы дефицита удерживающих сил и Фисенко. При использовании других методов в отчете необходимо приводить алгоритм расчетов, а их результаты сопоставлять с данными, получаемыми с применением общепринятых расчетных методов.

8.2.9 Оценка устойчивости методами предельного равновесия производится путем вычисления коэффициента устойчивости (K_y), который характеризуется отношением сил, удерживающих массив грунта на наклонной поверхности ($\sum N_{y\partial}$), к силам, сдвигающим этот массив ($\sum N_{cd}$):

$$K_y = \sum N_{y\partial} / \sum N_{cd}, \quad (1)$$

где K_y – коэффициент устойчивости склона или откоса;

$\sum N_{y\partial}$ – сумма удерживающих сил (моментов) в смещающемся массиве грунтов;

$\sum N_{cd}$ – сумма сдвигающих сил (моментов).

8.2.10 При расчетах устойчивости методом конечных элементов рассматривается напряженно-деформированное состояние грунтового массива с учетом упругого и упруго-пластического поведения грунтов. В данном методе коэффициент устойчивости выражается:

$$K_y = c_{исх} / c_{крит} = tg\varphi_{исх} / tg\varphi_{крит}, \quad (2)$$

где $c_{исх}$, $\varphi_{исх}$ – исходные прочностные характеристики грунта – сцепление и угол внутреннего трения, соответственно;

$c_{крит}$, $\varphi_{крит}$ – критические прочностные характеристики грунта, соответствующие пластическому течению грунта в рассматриваемой области.

8.2.11 Действие грунтовых вод на состояние оползневого склона (откоса) проявляется в виде:

- взвешивающее действие на слагающие склон породы изменяет силы гравитации, снижает нормальные напряжения в плоскости сдвига;
- смачивая возможные поверхности скольжения, уменьшают силы трения.
- при водонасыщении физико-механические характеристики грунтов снижаются.

8.2.12 Сопротивление грунта сдвигу при действии грунтовых вод определяется по следующей формуле:

$$\tau = (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (3)$$

где τ – сопротивление грунта сдвигу, *кПа*;

σ – нормальные напряжения в плоскости сдвига, *кПа*;

u – поровое давление, *кПа*;

φ – угол внутреннего трения грунта, *град*;

c – сцепление грунта, *кПа*.

8.2.13 При выполнении расчетов устойчивости склона или откоса рекомендуется учитывать не только установившийся уровень грунтовых вод по данным изысканий, но и прогнозный максимальный.

8.2.14 Расчет устойчивости склона в сейсмически активных районах (с землетрясениями 6 баллов и более) методами предельного равновесия рекомендуется проводить псевдостатическим способом. В этом случае сейсмические воздействия рассматриваются как дополнительные горизонтальные и вертикальные нагрузки в оползневом массиве. Величина сейсмической нагрузки для каждого отсека принимается равной произведению веса отсека (для обводненных пород без поправки на гидростатическое взвешивание) на коэффициент сейсмичности μ в

зависимости от расчетной сейсмичности района проектирования (таблица 15).

Т а б л и ц а 15 – Коэффициент сейсмичности μ

Расчетная сейсмичность в баллах	1-5	6	7	8	9	10
Коэффициент динамической сейсмичности μ	0,00	0,01	0,025	0,05	0,10	0,25

П р и м е ч а н и е – для искусственных склонов (откосов, насыпей, дамб, выемок, бортов карьеров и др.) значения коэффициента сейсмичности μ увеличивают в 1,5 раза.

8.2.15 Данные лабораторных определений прочностных и деформационных характеристик грунтов следует сопоставлять и корректировать по результатам контрольных и «обратных» расчетов устойчивости склонов и выявленных оползневых масс.

8.2.16 «Обратные» расчеты устойчивости выполняются в первую очередь для склонов, находящихся в предельном состоянии, и заключаются в определении таких величин сопротивления сдвигу, которые соответствуют предельному равновесию сил для конкретных рассматриваемых оползней, склонов или откосов с заданным коэффициентом запаса.

8.2.17 Необходимость уточнения прочностных характеристик грунтов методом «обратных» расчетов в ряде конкретных случаев может быть обусловлена:

- несоответствием результатов расчета фактической ситуации: расчетный коэффициент устойчивости $K_u > 1$ для активного оползня или расчетный коэффициент устойчивости $K_u < 1$ для стабильного по наблюдениям участка;
- изменчивостью свойств грунтов в пространстве и во времени (особенно в горной местности);
- необходимостью «реконструкции» инженерно-геологических условий проявления оползневых подвижек.

8.2.18 В процессе выполнения «обратных» расчетов, прочностные (сдвиговые) характеристики грунтов должны подбираться в диапазоне:

$$c_{\min} \leq c_{back} \leq c_{fact}, \quad (4)$$

$$\varphi_{\min} \leq \varphi_{back} \leq \varphi_{fact}, \quad (5)$$

где c_{\min} , φ_{\min} – минимальные прочностные характеристики грунтов в уровне поверхности скольжения, определенные по схеме сдвига грунта по подготовленной и смоченной поверхности («плашка по плашке»);

c_{back} , φ_{back} – прочностные характеристики по данным «обратных» расчетов устойчивости;

c_{fact} , φ_{fact} – прочностные характеристики в естественном состоянии, определенные по схеме сдвига грунта ненарушенной структуры.

8.2.19 По результатам прогноза устойчивости рекомендуется проводить районирование территории по трассе автомобильной дороги по степени оползневой опасности склоновых процессов (см. раздел 8.3).

8.3 Оценка риска оползневых процессов

8.3.1 Оценка оползневого риска согласно СНиП 11-02 и СП 11-105 (часть I) выполняется в составе инженерно-геологических изысканий для определения вероятности возникновения оползневого события и возможных неблагоприятных последствий для имущества, населения, окружающей природной среды от его реализации.

8.3.2 Объектами исследования при оценке оползневого риска являются:

- оползнеопасные участки автомобильных дорог;
- здания, сооружения и инженерные коммуникации (линии электропередач, водоснабжения и др.), расположенные на прилегающей территории;
- люди, находящиеся в зоне влияния оползневого процесса;
- окружающая природная среда.

8.3.3 Исследование оползневого риска на участках автомобильных дорог позволяет:

- провести классификацию и ранжирование факторов оползневого риска;
- выявить величину оползневого риска участков автомобильных дорог;
- установить приоритеты при проектировании и строительстве защитных сооружений.

8.3.4 Работы по оценке оползневого риска осуществляются в следующей последовательности:

- для каждого рассматриваемого участка автомобильной дороги на основе инженерного анализа, априорных данных, опыта и знаний исследователя определяется частота и вероятность возникновения оползневого процесса;
- для каждого возможного оползневого события определяется его последствия, оценивается категория их тяжести или рассчитывается величина ущерба;
- путем обобщения полученных показателей вероятности и последствий оползневого смещения определяется величина оползневого риска;
- проводится сравнение полученного результата с допустимым уровнем риска, при котором не требуется каких-либо дополнительных мер по его контролю;
- оценивается достаточность предусмотренных методов обнаружения, локализации и идентификации оползневого риска, имеющиеся неопределенности и точность полученных результатов.

8.3.5 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.

8.3.6 Экспертное суждение о вероятности смещения используется на стадии предпроектных изысканий и основывается по данным визуального обследования, анализа имеющихся данных предыдущих изысканий и опыта специалистов. Сущность метода заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с оценкой достоверности суждений и формальной обработкой результатов.

8.3.7 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 их частота возникновения. Кроме дат оползневых событий, также учитываются: тип склона, механизм смещения, объем оползневых масс и др.

8.3.8 В методе аналогий частота и вероятность смещения устанавливается на основе анализа оползневых процессов на участках, которые в топографическом, геологическом, гидрологическом и климатическом отношении аналогичны оцениваемому участку.

8.3.9 При определении частоты явлений, приводящих к смещению, на основе архивных материалов и результатов изысканий устанавливаются критические характеристики оползнеобразующих факторов (количество выпавших осадков, уровень грунтовых вод и др.) при которых происходит активизация оползневых процессов и определяется их повторяемость.

8.3.10 Вероятностные расчеты устойчивости склонов и откосов на основе аналитических методов применяются на стадии подготовки проектной документации для строительства автомобильных дорог или противооползневых защитных сооружений. При расчетах учитываются изменчивость прочностных и деформационных свойств грунтов, положения

уровня подземных вод, а также другие неопределенности факторов оползневого риска.

8.3.11 Для оценки последствий оползневого события определяются негативные эффекты – экономические (повреждение земляного полотна дороги, потеря устойчивости зданий и сооружений в зоне влияния и т. д.) и социальные (вероятность нанесения травм населению). Экономический ущерб выражается как в абсолютном денежном эквиваленте, так и в относительных величинах в процентах от рыночной стоимости строительства участка дороги. Вероятность нанесения травм населению и возможность летального исхода (социальные последствия) выражается частотой данных событий в год. При необходимости в соответствии с требованиями СП 11-102 дополнительно могут оцениваться экологические последствия от оползневого события: вероятность утечки загрязняющих веществ в результате повреждения прилегающих промышленных сооружений, разрушение территорий национальных парков и др.

8.3.12 Для оценки величины последствий от реализации оползневого события устанавливается:

- значимость и категория автомобильной дороги согласно ГОСТ Р 52398 и СНиП 2.05.02;
- протяженность оползневого участка вдоль дороги и мощность смещенных пород;
- предполагаемая скорость и дистанция смещения оползневого тела;
- расположение объектов риска относительно оползневого тела;
- степень возможного разрушения объектов дорожного хозяйства и прилегающих сооружений;
- режим и интенсивность движения автомобильного транспорта на оцениваемом участке;
- периодичность и продолжительность пребывания людей в зоне влияния оползневого процесса.

8.3.13 Оценка величины оползневого риска выполняется последовательно для отдельных однородных по природным и техногенным условиям участков автомобильных дорог на основе качественных, полуколичественных и количественных методов.

8.3.14 Методы качественной и полуколичественной оценки применяются на стадии предпроектных изысканий, на основании экспертного анализа всей совокупности факторов, определяющих вероятность наступления оползневого события и его возможные последствия. 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.

8.3.15 В ходе качественной оценки для каждого конкретного объекта исследований устанавливаются четкие качественные критерии и термины («высокий», «средний», «низкий» и т. п.), которые будут в дальнейшем использоваться для классификации оползнеопасных участков по категориям вероятности наступления и тяжести возможных последствий. Количество категорий выбирается в каждом конкретном случае индивидуально, в зависимости от поставленных задач и особенностей исследуемой территории.

8.3.16 Для обеспечения объективности и сопоставимости результатов для описания возможных последствий и вероятности возникновения смещения рекомендуется использовать качественные термины, приведенные в таблицах 16, 17 и 18.

Т а б л и ц а 16 –Термины для качественной оценки вероятности оползневого смещения

Обозначение категории	Качественная характеристика	Частота оползневых смещений в год	Описание
<i>P1</i>	Несомненно	> 1	Оползневое событие ожидается в течение ближайшего времени
<i>P2</i>	Весьма возможно	$1-10^{-1}$	Оползневое событие возможно при ухудшении инженерно-геологических условий в течение расчетного срока эксплуатации участка дороги

<i>P3</i>	Вероятно	$10^{-1}-10^{-2}$	Оползневое событие может произойти при весьма неблагоприятных обстоятельствах в течение расчетного срока эксплуатации участка дороги
<i>P4</i>	Редко	$10^{-2}-10^{-6}$	Оползневое событие может произойти в течение расчетного срока эксплуатации участка дороги только в исключительных случаях
<i>P5</i>	Маловероятно	$< 10^{-6}$	Оползневое событие практически невозможно

8.3.17 Ранжирование по уровню оползневого риска выполняется с помощью матрицы риска. Представленная в таблице 19 матрица носит рекомендательный характер и при необходимости может быть изменена, в этом случае приводится расшифровка всех новых терминов.

Т а б л и ц а 17 – Термины для качественной оценки экономических последствий оползневого смещения

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

Т а б л и ц а 18 – Описание категорий оползневого риска

Обозначение категории	Качественная характеристика	Описание
<i>R1</i>	Очень высокий	Оползневое событие быстро и практически гарантированно влечет за собой полное разрушение объекта дорожного хозяйства и/или приводит к невозможным потерям окружающей природной среды, гибели людей
<i>R2</i>	Высокий	Оползневое событие с высокой вероятностью может повлечь за собой значительный ущерб для объекта дорожного хозяйства и/или окружающей природной среды, с возможными травмами людей

<i>R3</i>	Средний	Оползневое событие может повлечь за собой серьезный ущерб для объекта дорожного хозяйства, но создает малую угрозу здоровью людей и окружающей природной среде
<i>R4</i>	Низкий	Оползневое событие с низкой вероятностью может повлечь снижение эффективности функционирования объекта дорожного хозяйства, но не представляет опасности для окружающей природной среды и здоровья людей
<i>R5</i>	Очень низкий	Оползневое событие 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

Т а б л и ц а 19 – Матрица оползневого риска

Категория возможного ущерба	Категория вероятности смещения				
	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>
<i>D1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>
<i>D2</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>
<i>D3</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>
<i>D4</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>	<i>R4</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>
<i>D5</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>	<i>R5</i>	<i>R5</i>	<i>R5</i>

8.3.18 Полуколичественная оценка 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 факторов риска, параметры которых выражены в различных размерностях. Оценка проводится в следующем порядке:

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

8.3.19 Каждый фактор оползневого риска 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.

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

8.3.21 Балльные шкалы могут иметь как равномерную, так и неравномерную разбивку: расширяющуюся или сужающуюся с середины отсчета и др. Сгущение баллов рекомендуется проводить в той части измерительной шкалы, где она будет наиболее информативна.

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

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

$$R = \sum_{i=1}^M K_i \cdot t_i, \quad (6)$$

$$R = \prod_{i=1}^M K_i \cdot t_i, \quad (7)$$

где R – оползневой риск;

K_i – коэффициент значимости i -ого фактора оползневого риска;

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

8.3.24 Полученные интегральные оценки представляет собой доли от наиболее неблагоприятной обстановки на исследуемой территории по сочетанию факторов оползневого риска. Они ранжируются на группы, соответствующие определенной категории вероятности смещения и возможного ущерба.

8.3.25 Определение цены каждой ступени (количества баллов соответствующих простым, сложным и др. условиям) выполняется на основе анализа наиболее вероятного сочетания факторов оползневого риска, которые могут иметь место в данной обстановке в их экстремальных значениях.

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

8.3.27 На основании полученных показателей вероятности смещения и возможного ущерба аналогично строится интегральная шкала оценки оползневого риска. При определении категории оползневого риска также допускается использовать матрицу риска, применяемую в качественных методах оценки.

8.3.28 Методы количественной оценки применяются на стадиях разработки проектной документации, когда имеется полный объем необходимых данных для определения числовых значений основных оползнеобразующих факторов. Социальный риск от оползневых процессов рекомендуется определять только на основе данных методов оценки.

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

$$R_E = P_H \cdot P_S \cdot V_E \cdot D, \quad (8)$$

где R_E – соответственно полный (руб./год) или удельный (руб./м²·год, руб./км·год) риск потерь от реализации оползневого риска;

P_H – повторяемость оползневого события в пределах исследуемой территории (случаев/год, случаев/м²·год, случаев /км·год);

P_S – вероятность поражения оцениваемого объекта оползнем в пространстве;

V_E – экономическая уязвимость оцениваемого объекта для оползневого риска;

D – стоимость объекта до его поражения (руб., руб./м², руб./км).

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

8.3.31 Основными входными параметрами вероятностного моделирования являются уровень грунтовых вод с учетом возможных его колебаний, автомобильная и сейсмическая нагрузка, а также статистическое распределение значений прочностных и деформационных свойств грунтов. Основными выходными параметрами являются стандартное отклонение, среднее, наименьшее и наибольшее значения коэффициента устойчивости. По результатам проведенных расчетов строится кривая распределения значений коэффициента устойчивости, на основании которой вычисляется вероятность обрушения склона или откоса.

8.3.32 Вероятность поражения оцениваемого объекта оползнем 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 оползневой процесс, то $P_S = 1$.

8.3.33 Величина экономической уязвимости, V_E , изменяется от 0 до 1 и определяет степень повреждений, которые наступят, если произойдет

оползневое смещение. Наибольшая уязвимость у объектов находящихся на границах оползня, так как при смещении они будут испытывать неравномерную осадку.

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

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

$$R_S = P_H \cdot P_S \cdot P_T \cdot V_S, \quad (9)$$

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 оползнем во времени;

V_S – социальная уязвимость населения для оползневого процесса.

8.3.36 Вероятность поражения населения во время активизации оползня, P_T , определяется относительной продолжительностью, которое люди находятся в пределах зоны воздействия оползня, и оценивается величиной от 0 до 1.

8.3.37 Оценка социальная уязвимости, V_S , определяется вероятностью телесных повреждений и оценивается величиной от 0 до 1. Рекомендуемые значения данного параметра приведены в таблице 20. Для определения точного значения V_S необходимо учитывать:

- скорость смещения (чем медленнее движется оползень, тем большая вероятность покинуть опасный участок);
- объемом 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).

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

8.3.39 Время, на которое производится оценка оползневой риска, должно соответствовать сроку эксплуатации участка автомобильной дороги без капитального ремонта, но не более чем на 50 лет, из-за существенных изменений, происходящих с окружающей средой, включая объект дорожного хозяйства, за более длительное время.

8.3.40 Полученный в ходе оценки результат сравнивается с допустимым уровнем оползневой риска, который назначается различным для инженерных объектов и населения. При качественных и полуколичественных

методах оценки суждение о допустимости риска выносится группой экспертов-исполнителей на основании критериев, приведенных в таблице 21. При количественных методах оценки для сооружений допустимый уровень устанавливается совместно с представителями Заказчика исходя из среднегодовой величины финансовых потерь, которые он готов принять при ходе эксплуатации рассматриваемого участка дороги, а для жизни людей рекомендуемый уровень приведен в таблице 22.

8.3.41 По окончании процедуры оценки составляются карты оползневой риска и 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.

8.3.42 Результаты оценки оползневой риска являются основой для определения необходимости и последовательности реализации защитных мероприятий. В случае недопустимого уровня риска разрабатываются рекомендации и предложения по осуществлению мероприятий инженерной защиты (см. раздел 8.4).

Т а б л и ц а 20 – Рекомендуемые значения социальной уязвимости, V_S

Описание возможной ситуации	Социальная уязвимость, V_S	Качественная характеристика
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

Т а б л и ц а 21 – Качественная характеристика уровней допустимого риска

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

Т а б л и ц а 22 – Рекомендуемый уровень допустимого риска для жизни и здоровья людей

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

8.4 Составление рекомендаций по проектированию и содержанию сооружений инженерной защиты

8.4.1 Если результат оценки риска (см. раздел 8.3) 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.). Для случая недопустимого уровня риска перечень рекомендуемых работ для обеспечения инженерной защиты участков автомобильных дорог приведен в таблице 23.

8.4.2 К проектированию на автомобильных дорогах рекомендуется следующий комплекс противооползневой защиты, состоящий из одного или нескольких сооружений и/или мероприятий:

- террасирование верховых и низовых склонов (откосов);
- подпорные стены гравитационного типа (монолитные или сборные железобетонные, габионные);
- армогрунтовые сооружения;

- свайные сооружения;
- свайно-анкерные сооружения;
- водоотводные сооружения;
- дренажные мероприятия;
- противоэрозионные и лесомелиоративные мероприятия;
- стационарные наблюдения.

8.4.3 По результатам инженерно-геологических изысканий определяют основные факторы обуславливающие образование оползней и методы инженерной защиты на автомобильных дорогах согласно таблице 24.

8.4.4 Полнота и целостность данных инженерно-геологических изысканий дает возможность правильно содержать на оползнеопасных участках автомобильных дорог сооружения инженерной защиты и является исходной базой для эффективного использования средств и материальных ресурсов, направляемых на реконструкцию, ремонт и их содержание.

8.4.5 Строительство и эксплуатация сооружений инженерной защиты не должны приводить к активизации оползневых процессов.

Т а б л и ц а 23 – Рекомендуемые мероприятия инженерной защиты в зависимости от категории оползневого риска

Категория риска	Рекомендуемые мероприятия
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 ограничена (запрет на проезд грузового транспорта, 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.)
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

Т а б л и ц а 24 – Факторы, обуславливающие образование оползней и рекомендуемые мероприятия инженерной защиты

Факторы образования оползней	Процессы, подготавливающие оползни	Рекомендуемые мероприятия инженерной защиты
Увеличение высоты и крутизны склонов (откосов) до значений, превышающих критические в данных условиях	Современные тектонические движения	Изменения рельефа склона (откоса): уположение, террасирование и общая планировка разгрузка, удаление и замена неустойчивых грунтов; поддерживающие сооружения: контрфорсы, подпорные стены, свайные и свайно-анкерные конструкции, анкерные крепления
	Подрезка, перегрузка склонов (откосов)	
	Русловая эрозия, морская абразия	Изменение конфигурации русел водотоков и снижение их энергии: спрямление или отвод русел струенаправляющее устройства, лотки, быстротоки, водобойные ступени и площадки и т. д.; защитные покрытия берегов водотоков каменная наброска, противэрозионные покрытия и т. д.
Воздействие гидродинамического давления	Образование перепада напоров в результате вскрытия дренирующего слоя деформации пород	Изменение направления потока подземных вод; дренирование и отвод подземных вод за пределы оползнеопасного массива: ограждающие, контрфорсные и другие дренажи
Режим увлажнения	Образование трещин, изменение напряженного состояния пород в результате их переувлажнения и водонасыщения	Дренирование трещин и понижение рельефа водосбросов с устройством водовыпусков; планировка поверхности; посадка кустарников и дернообразующих трав; осушение глинистых грунтов дренажно-вентиляционными системами
Воздействие сейсмических сил	Перераспределение напряжений в склоне, трещинообразование деформации пород	Изменение рельефа склона уположения, террасирование планировка, разгрузка и т. д.; поддерживающие сооружения контрбанкеты, подпорные стены, свайные и свайно-анкрные сооружения и т. д.
Выветривание пород	Разупрочнение (включая результаты воздействия попеременного увлажнения и высыхания, сопровождающихся набуханием и усадкой)	Регулирование поверхностного стока: микропланирование, срезка и удаление рыхлых оползневых масс, тампонаж трещин, устройство лотков, кюветов канав и т. д.; комплексная агролесомелиорация: посадка деревьев и кустарников в комбинации с посевом дернообразующих трав; защитные покрытия: торкрет-бетоном, противэрозионные прокрывала и т. д. Организация поверхностного стока: планировка поверхности, устройство нагорных канав, лотков и т. п.; дренирование и отвод воды за пределы оползней: ограждающие дренажи: дренажно-вентиляционные системы, каптаж и отвод выходов подземных вод; устройство противодиффузионных завес путем цементации, силикатизации, битумизации грунтов, искусственное улучшение физико-механических свойств грунтов путем обжига, прогревания, электродренажа и т. д.
	Суффозия	Дренирование и отвод подземных вод за пределы оползневого массива: ограждающие дренажи, комбинированные

8.5 Составление технического отчета

8.5.1 Материалы о выполненных инженерно-геологических изысканиях должны передаваться Заказчику в виде технического отчета, оформленного в соответствии с требованиями нормативных документов и состоящего из текстовой и графической частей, а также приложений.

8.5.2 Состав, содержание и объем технического отчета определяются с учетом требований п. 4.22 СНиП 11-02.

8.5.3 Структура текстовой части технического отчета для разработки предпроектной документации должна соответствовать требованиям п. 6.3 СНиП 11-02.

8.5.4 В текстовой части должны быть представлены:

- анализ материалов изысканий прошлых лет о наличии, развитии, распространении, выявленных закономерностях проявления оползневых процессов в исследуемом районе;
- опыт эксплуатации автомобильных дорог в аналогичных инженерно-геологических условиях;
- анализ эффективности дорожных противооползневых конструкций в аналогичных инженерно-геологических условиях;
- анализ факторов и причин, вызывающих оползневые подвижки на исследуемой территории;
- характеристика степени активности оползневого процесса;
- признаки воздействия оползневого процесса на автомобильную дорогу (наличие трещин на дорожном покрытии и обочинах, деформации обочин и проезжей части), возможность вовлечения в смещение дорожного полотна, степень повреждения конструкций дорожных одежд;
- прогноз развития оползневого процесса по отношению к дорожному полотну и прилегающим зданиям и сооружениям;

- оценка по визуальным признакам состояния дорожного полотна, существующих сооружений инженерной защиты, а также других объектов (жилых зданий, коммуникаций и т. п.), расположенных в зоне возможного влияния оползневого процесса;
- описание природных и техногенных грунтов (тип, состояние и т. п.), в которых происходит развитие оползневого процесса, и потенциально оползневых грунтов;
- сейсмичность района изысканий;
- результаты расчетов устойчивости склона (откоса) автомобильной дороги по отдельным створам с учетом транспортной нагрузки и других реально возможных сочетаний нагрузок в процессе хозяйственного освоения территории (повышение уровня грунтовых вод, сейсмическое воздействие, подрезка, пригрузка склона и т.п.);
- результаты качественной оценки оползневого риска;
- при необходимости, составление программы выполнения мониторинга;
- рекомендации по инженерной защите оползнеопасного участка автомобильной дороги, включающие в себя ориентировочный состав мероприятий и тип сооружений, ориентировочные объем и стоимость работ; если район изысканий охватывает несколько оползнеопасных участков, то в техническом отчете необходимо представить классификацию участков по их приоритетности для выполнения инженерной защиты.

8.5.5 Структура графической части технического отчета для разработки предпроектной документации должны соответствовать требованиям п. 6.4 СНиП 11-02.

8.5.6 В графической части должны быть представлены:

- карта инженерно-геологического районирования;

- обзорная схематическая карта района инженерно-геологических изысканий;
- карта фактического материала по трассе автомобильной дороги в районе изысканий;
- оползневая карта (М 1:2000–1:1000, в зависимости от площади района изысканий) с указанием местоположений оползней, их типов, возраста, степени активности, а также морфоэлементов внеоползневой зоны;
- инженерно-геологические разрезы с указанием размещений скважин (шурфов), выявленного положения уровня грунтовых вод, выявленных и прогнозируемых поверхностей скольжения оползня.

8.5.7 Состав приложений технического отчета для разработки предпроектной документации должен соответствовать п. 6.5 СНиП 11-02.

8.5.8 Структура текстовой части технического отчета для разработки проекта должна соответствовать требованиям п. 6.7 СНиП 11-02, п. 4.4.13 СП 11-105 (часть II).

8.5.9 В текстовой части дополнительно к п. 8.6.4 должны быть представлены:

- описание, минеральный и литологический составы грунтов, гранулометрический (для крупнообломочных грунтов и включений) состав, структурно-текстурные особенности, физико-механические свойства оползневых (в том числе, на поверхности скольжения), потенциально оползневых грунтов, а также грунтов, не вовлекавшихся в смещение и техногенных (насыпных), подверженность полускальных и скальных пород выветриванию, степень агрессивности к бетонам и железобетонным конструкциям;
- приуроченность залегания подземных вод (в том числе, сезонного водоносного горизонта типа «верховодка») к оползневым грунтам и формам оползневого рельефа, участки выхода струйных течений

- подземных вод на поверхность в связи с подрезкой склона при строительстве дороги или других искусственных сооружений;
- частные значения физико-механических характеристик грунтов по скважинам и коэффициенты вариации (для определения изменчивости);
 - сейсмичность участка изысканий, тектонические условия;
 - наличие в пределах участка изысканий оползней различной степени активности;
 - анализ взаимосвязи оползневого процесса с состоянием искусственных, в том числе защитных, дорожных сооружений;
 - результаты расчетов устойчивости склона (откоса) автомобильной дороги по имеющимся вдоль оползня створам с уточнением (при необходимости) значений физико-механических показателей свойств грунтов обратными расчетами;
 - результаты полуколичественной оценки оползневого риска;
 - при необходимости, уточнение программы выполнения мониторинга на исследуемом участке;
 - уточненные рекомендации по инженерной защите оползнеопасного участка автомобильной дороги.

8.5.10 Структура и состав графической части технического отчета для разработки проекта должны соответствовать требованиям п. 6.8 СНиП 11-02.

8.5.11 В графической части дополнительно к п. 8.6.6 должны быть представлены:

- морфологическая карта (М 1:1000–1:500) с указанием и обозначением форм рельефа и микрорельефа (эрозионные формы рельефа временных водотоков, оврагов, балок, направления стока вод, мочажины и постоянно замокаемые участки и т. п.), морфоэлементов оползневой и внеоползневой зон (бровки и стенки срыва оползня, границы оползневого массива, вал выпирания, тело оползня,

перекрытая граница оползневого массива, поверхность водораздела, тальвеги и русла водотоков, поймы ручьев, надпойменные террасы, природные склоны и т. п.), местоположений точек наблюдений, скважин, шурфов с указанием их номеров и абсолютных отметок устья и т. п.;

- инженерно-геологические разрезы (М 1:200–1:100) с указанием местоположения исследуемого участка трассы, размещений скважин и шурфов, а также расстояний между ними, уточненного положения уровня грунтовых вод, в том числе, прогнозного, обозначениями инженерно-геологических элементов, уточненных поверхностей скольжения оползня.

8.5.12 Состав приложений технического отчета для разработки проекта должен соответствовать требованиям п. 6.8 СНиП 11-02.

8.5.13 Структура текстовой части технического отчета для разработки рабочей документации должна соответствовать требованиям п. 6.24 СНиП 11-02, п. 4.5.5 СП 11-105 (часть II).

8.5.14 В текстовой части дополнительно к п. 8.6.9 должны быть представлены уточненные и более детальные данные, а также:

- результаты количественной оценки оползневого риска;
- при выполнении мониторинга – его результаты и рекомендации по его дальнейшему выполнению на исследуемом участке;
- рекомендации по инженерной защите оползнеопасного участка автомобильной дороги с учетом результатов мониторинга.

8.5.15 Структура и состав графической части технического отчета для разработки рабочей документации должны соответствовать требованиям п. 6.25 СНиП 11-02. В графической части дополнительно к п. 8.6.11 должны быть представлены уточненные и более детальные данные. Состав приложений технического отчета для разработки рабочей документации должен соответствовать требованиям п. 6.26 СНиП 11-02. В составе

приложений дополнительно к п. 8.6.12 должны быть представлены уточненные и более детальные данные.

Библиография

- [1] Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 г. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений
- [2] ОДМ 218.3.008-2011 Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог
- [3] РСН 74-88 Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству буровых и горнопроходческих работ
- [4] Пособие по составлению и оформлению документации инженерных изысканий для строительства. Часть 2. Инженерно-геологические (гидрогеологические) изыскания
- [5] РСН 66-87 Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Сейсморазведка
- [6] Методические указания по инженерно-геологическим изысканиям автомобильных дорог и сооружений на них
- [7] Руководство по инженерным изысканиям для строительства
- [8] ВСН 156-88 Инженерно-геологические изыскания железнодорожных, автодорожных и городских мостовых переходов
- [9] Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями
- [10] 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, инженерно-геологические изыскания, оползнеопасные участки, склоны, откосы, риск

Руководитель организации-разработчика

ООО «НТЦ ГеоПроект»

наименование организации

Директор

должность

личная подпись

С. И. Маций

инициалы, фамилия