ПНИИИС Госстроя СССР

Рекомендации

по инженерно-геологическим изысканиям на оползневых склонах Северного Кавказа с целью их хозяйственного освоения

Москва 1983

gost.e-ecolog.ru

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ИЗЫСКАНИЯМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
(ПНИИИС) ГОССТРОЯ СССР

Рекомендации

по инженерно-геологическим изысканиям на оползневых склонах Северного Кавказа с целью их хозяйственного освоения

Москва Стройиздат 1983

Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям на оползневых склонах Северного Кавказа с целью их хозяйственного освоения/ПНИИИС.– М.: Стройиздат, 1983.– 68 с.

Установлены главные региональные критерии оползнеопасных склонов: структурно-тектонические и сейсмотонические, определяющие масштаб проявления оползневых процессов; геолого-литологические, определяющие зональность развития оползней и их типовые признаки; поверхности и зоны ослабления, вызванные выветриванием, геологической деятельностью подземных и поверхностных (русловых) вод; антропогенные критерии, определяющие развитие оползней на ранее устойчивых склонах.

Для инженерно-технических работников проектно-изыскательских организаций.

Табл. 5, ил. 4.

Рекомендовано к изданию решением научно-технического совета ПНИИИС Госстроя СССР.

Р 3202000000–489
047 (01) – 83 **Инструкт-нормат., II вып. 83 – 83**

© Стройиздат, 1983

Предисловие

Рекомендации разработаны с целью повышения уровня и надежности инженерно-геологических изысканий, выполняемых для обоснования строительства в оползневых районах Северного Кавказа и отражают региональные особенности оползнеобразования и содержат требования, предъявляемые к наиболее важным видам инженерно-геологических работ.

Рекомендации разработаны ПНИИИС Госстроя СССР (канд. геол.-минерал. наук И.О. Тихвинский - разд. 2,3); Северо-Кавказским отделением ПНИИИС (канд.геол.-минерал. наук А.И. Клименко - руководитель - разд. 1,2,3, инж. Л.С. Мамалыгина - разд. 3; мл.науч. сотрудник Е.О. Бочарников - разд. 3); ВСЕГИНГЕО (кандидаты геол.-минерал.наук П.В. Царев - разд. 2,3, Г.П. Постоев - разд. 3); Севкавгипроводхозом (кандидаты геол.-минерал. наук Э.В. Запорожченко - разд. 2, Г.А. Дербинян - разд. 1, 2, 3); Краснодарским сельскохозяйственным институтом (д-р геол.-минерал. наук, проф. К.Ш. Шадунц - разд. 2,3); Институт механики МГУ (канд. геол.-минерал. наук К.А. Гулакян - разд. 3).

Распространение, типы оползней и особенности их формирования на территории Северного Кавказа

1.1. В распределении оползней на территории Северного Кавказа наблюдается закономерность, связанная с широтной зональностью климатических и геологических условий оползнеобразования (см. рисунок).

1.2. На территории Северного Кавказа развиты оползни скольжения, выдавливания, выплывания течения, проседания и сложные, выделенные по механизму смещения.

Общие факторы-процессы образования оползней всех типов:

вызывающие изменение конфигурации склонов (увеличение их высоты и крутизны до значений, превышающих критические для данного типа пород; донная и боковая эрозия);

вызывающие регрессивное изменение физико-механических свойств пород (выветривание, увлажнение поверхностными и подземными водами);

вызывающие возникновение дополнительного давления на массивы пород (гидродинамическое и гидростатическое давление, сейсмические толчки);

антропогенные, вызывающие изменения склонов и откосов (подрезка, искусственное обводнение, перегрузка отвалами земляных работ и т.п.; вибродинамические нагрузки).

1.3. По возрасту оползни рекомендуется разделять на древние (раннечетвертичные, среднечетвертичные, позднечетвертичные) и современные - голоценовые (старые и свежие). Свежие оползни по их относительной активности рекомендуется подразделять на действующие, временно стабилизировавшиеся и стабилизировавшиеся.

1.4. Большинство оползней приурочено к вогнутым и прямолинейным склонам гор, хребтов, долин рек, водохранилищ ЗСЗ-ССВ экспозиций с коэффициентом горизонтальной расчлененности, превышающим 1.

1.5. Критические значения высоты и крутизны склонов, сложенных наиболее оползнеопасными глинами майкопа и среднего сармата (Центральное и Западное Предкавказье) и верхнего сармата (Восточное Предкавказье), составляют соответственно 20–30 м и 5–8° (для оползней с глубиной захвата более 10 м). Для склонов, сложенных дериватами перечисленных глин, критические значения крутизны и мощности рыхлого покрова составляют соответственно 6–7° и 1,5–2 м (для оползней с глубиной захвата менее 10 м).

1.6. Оползни Северного Кавказа приурочены преимущественно к глинистым породам, предрасположенным к деформированию под влиянием изменившейся обстановки. Оползнеопасными комплексами этих пород являются: песчано-глинистые отложения нижней и средней юры (оползневые зоны Северо-Юрской депрессии, эскарпа Скалистого хребта и Черногорской моноклинали); пестроцветные глины верхней юры и нижнемеловые (альбские) глины (зона Северо-Кавказской моноклинали); палеоцен-эоценовые глинистые и карбонатно-глинистые отложения оползневой, кумской и белоглинской свит (зоны Северо-Кавказской моноклинали и Минераловодская); олигоценнижнемиоценовые (майкопские) глины (зоны Северо-Кавказской моноклинали, Ставропольская, Кубанский азональный район); среднемиоценовые глины (Ставропольская и Терско-Сунженская зоны); синдесмиевые глины нижнего сармата, криптомактровые глины и ясеновские песчано-глинистые отложения среднего сармата (Ставропольская зона); глины верхнего сармата (Терско-Сунженская зона); плиоцен-плейстоценовые глинистые отложения (Ставропольская и Терско-Сунженская зоны, Кубанский, Кумский и Терский азональные районы).

1.7. Наиболее склонные к оползневым деформациям майкопские, караган-чокракские, сарматские (синдесмиевые, криптомактровые и др.) отложения и их дериваты являются, как правило, высокодисперсными, гидрофильными породами с содержанием глинистой фракции 60–80%, пластифицированно-коагуляционными,

иногда каогуляционными структурными связями средней и низкой степени уплотнения и литификации.

1.8. Наиболее благоприятными для развития оползней являются склоны возвышенностей, хребтов и гор, в структурном отношении представляющие склоны крупных поднятий (например, Ставропольского), моноклиналей (Северо-Кавказской и Черногорской), а также крылья локальных антиклинальных структур коробчатой и гребневидной форм, прямо отраженных в рельефе (Терско-Сунженская обл.)

1.9. Оползнеопасность склонов значительно возрастает в зонах тектонических нарушений, разграничивающих участки с контрастными движениями, но особенно в узлах пересечения широтной "кавказской" складчатости с поперечными и диагональными разломами, проявляющими активность в настоящее время.

Важную роль в развитии оползневого процесса играют раскливажированные зоны, широко развитые в глинистых отложениях миоцена и олигоцена.

1.10. Существенное, а иногда и решающее значение в развитии оползней имеют поверхности и зоны ослабления в массиве пород, генетические типы которых приведены в прил. 2,3.

1.11. Развитию оползней способствуют также гидродинамическое и гидростатическое давление, значительные колебания уровня подземных вод, чередование участков с очень большими гидравлическими градиентами (0,2-0,3) и малыми (до 0,001), преимущественно сульфатно-магниево-натриевый состав и щелочная реакция воды.

В целом же наличие подземных вод на склонах не всегда является единственным и надежным критерием его оползнеопасности, что необходимо учитывать при производстве инженерно-геологических изысканий.

1.12. В азональных оползневых районах Северного Кавказа, к которым относятся долины крупных рек Кубани, Кумы, Терека и их притоков, а также в балках и ручьях с постоянными водотоками, решающим фактором оползнеобразования является эрозионная подсечка склонов.

1.13. Роль климатических факторов ограничивается сезонным влиянием на развитие главным образом неглубоких (1,5–3 м) оползней течения и проседания.

1.14. Развитию оползней способствуют антропогенные факторы. Особенно широко природно-антропогенные и антропогенные оползни развиты в нефтепромысловых районах Северного Кавказа, на автомобильных дорогах, в крупных городах – Ставрополе, Железноводске, Кисловодске, Грозном, Махачкале и др.

Принципиальные вопросы инженерно-геологических изысканий для строительства на оползневых склонах Северного Кавказа

1.15. Настоящие Рекомендации распространяются на производство инженерно-геологических изысканий для строительства новых, расширения и реконструкции действующих предприятий, зданий и сооружений на оползневых склонах Северного Кавказа.

1.16. Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий строительства и получение необходимых и достаточных материалов для разработки экономически целесообразных и технически обоснованных решений при проектировании и строительстве объектов, а также для выбора наиболее рационального варианта противооползневых защитных сооружений.

1.17. Главной общей задачей инженерно-геологических изысканий является установление степени устойчивости склона и ее прогноз.

1.18. При изысканиях помимо изучения геологического строения, гидрогеологических условий, свойств грунтов, а также проведения других общепринятых и обязательных исследований должны быть освещены следующие принципиальные вопросы:

история геологического развития оползневого (оползнеопасного) склона;

оползнеобразующие факторы и их относительная роль в оползневом процессе;

типы оползней по механизму смещения, их возраст, стадии и фазы развития, положение базисов,

морфометрические параметры, внутреннее строение (структура) оползневых склонов, форма поверхности смещения, основной деформирующийся горизонт, режим и скорость смещения оползневых масс;

современное состояние оползневого склона и сооружений на нем и прогноз его под воздействием природных и антропогенных факторов;

опыт осуществленной в данном районе противооползневой защиты с анализом ее эффективности;

рекомендации по противооползневым мероприятиям, рациональному использованию и охране геологической среды, очередности земляных строительных работ, включая работы по осуществлению противооползневой защиты.

1.19. При изучении структуры оползневого (оползнеопасного) склона особое внимание должно быть обращено на установление поверхностей и зон ослабления, вызванных выветриванием пород, их набуханием и усадкой, геологической деятельностью подземных и поверхностных (русловых) вод, сейсмотектоническими и особенно антропогенными факторами (см.прил. 2 и 3).

1.20. Кроме того, необходимо установить принадлежность исследуемых пород к одному или нескольким оползнеопасным комплексам пород и зонам их выветривания; изучить рельеф кровли элювия и коренных пород, рельеф поверхности грунтовых вод, во многом определяющие механизм оползневого смещения, глубину проявления оползневых деформаций и величину сдвигающих усилий.

1.21. В результате инженерно-геологических изысканий должны быть даны оценка устойчивости склонов с расчетом коэффициента их устойчивости и прогноз развития оползней с учетом прогноза изменения инженерно-геологической обстановки в строительный и эксплуатационный периоды. Оценку устойчивости склонов, прогноз оползневых явлений и борьбу с ними следует осуществлять применительно к классификационной схеме оползней Северного Кавказа (см. прил. 1) с выявлением их масштабности, определяемой по табл. 2. "Инструкции по проектированию и строитель-

ству противооползневых и противообвальных защитных сооружений" (СН 519-79, М., Стройиздат, 1981). При прогнозе оползней требуется оценивать возможные разрушения и жертвы, вызываемые ими.

1.22. Инженерно-геологические изыскания проводятся в соответствии со стадиями проектирования и должны включать выполнение:

при изысканиях для обоснования схем размещения производительных сил и генеральных схем инженерной защиты - инженерно-геологического картирования в масштабе 1:10 000 - 1:25 000 (для опорных участков в масштабе 1:2000-1:5000), типизации склонов, расчетов устойчивости склонов по опорным створам (не менее одного створа на каждый тип оползневого и оползнеопасного склона);

при изысканиях для обоснования первой стадии двухстадийного проектирования (обоснование технического проекта) - инженерно-геологического картирования в масштабе 1:2000 - 1:5000 (при необходимости для отдельных участков с особо сложными природными условиями в масштабе 1:1000), типизации склонов и их частей с выделением групп инженерно-геологических участков, расчетов устойчивости склонов по расчетным створам (не менее одного створа на каждую группу участков);

при изысканиях для обоснования второй стадии двухстадийного проектирования (обоснование рабочей документации) - расчетов устойчивости склонов (не менее чем по одному расчетному створу на каждый инженерно-геологический участок при картировании в результате изысканий на первой стадии проектирования, а также по дополнительным створам на участках проектируемых сооружений);

при изысканиях для обоснования одностадийного проектирования (обоснование рабочего проекта) - инженерно-геологического картирования в масштабе 1:2000 - 1:5000 (при необходимости с врезками в масштабе 1:1000), типизации склонов и их частей с выделением инженерно-геологических участков, расчетов устойчивости склонов (не менее чем по одному

створу на каждый инженерно-геологический участок и по дополнительным створам на участках проектируемых сооружений).

Расчеты устойчивости склонов по дополнительным створам выполняются в случаях недостаточной представительности створа по инженерно-геологическому участку для оценки устойчивости сооружения.

1.23. Состав инженерно-геологических работ и их детальность определяются видом хозяйственного освоения территории, предусмотренного проектом, стадией проектирования, сложностью инженерно-геологических условий и степенью изученности с учетом необходимости обеспечения требований главы СНиП по инженерным изысканиям для строительства, других нормативных документов по инженерным изысканиям для основных видов строительства, а также требований пп. 1.15 – 1.22.

1.24. Номенклатуру грунтов оснований сооружений и физико-механические характеристики следует устанавливать согласно требованиям главы СНиП по проектированию оснований зданий и сооружений.

Планирование, организация и проведение инженерно-геологических изысканий

1.25. В целях устранения существующих ошибок и недостатков в планировании, организации и проведении изыскательских работ рекомендуется:

не допускать распыления средств при производстве изыскательских работ, а объединить их в лице единого генерального заказчика на эти работы. В обязанности генерального заказчика, объединяющего средства отдельных ведомств, должны входить общее планирование проектно-изыскательских работ и систематический контроль за ходом выполнения программы;

повысить эффективность и качество проектирования нулевого цикла и противооползневых мероприятий. Для этого целесообразно создание единой специализированной проектной организации, в обязанности кото-

рой входило бы составление обоснованных заданий на изыскания, обеспечение их экономичности без снижения качества, проектирование противооползневых мероприятий;

учитывая широкое развитие оползневых процессов и большой объем противооползневых работ, выполняемых различными неспециализированными строительными организациями, целесообразно поручить эти работы специализированной производственно-строительной организации.

1.26. Изыскания должны проводиться трестами инженерно-строительных изысканий (СтавропольТИСИЗом, СевкавТИСИЗом). Нельзя допускать к изысканиям в сложных оползневых и оползнеопасных районах мелкие организации, не имеющие соответствующей квалификации и опыта.

1.27. К участию в разработке программ изысканий, а также в проведении изыскательских работ и разработке прогноза устойчивости территорий должно привлекаться в первую очередь Северо-Кавказское отделение ПНИИИС Госстроя СССР, а также другие научно-исследовательские и проектно-изыскательские организации Госстроя СССР, имеющие богатый опыт работы на оползневых склонах.

1.28. Программа на изыскания составляется с учетом требований СНиП П-9-78 и других нормативных документов в соответствии с техническим заданием. Подготовке технических заданий, выдаваемых главными инженерами проектов, должны предшествовать совместные с геологами предварительные проработки имеющегося материала и выбор главных принципиальных направлений изысканий.

1.29. На каждой стадии проектирования целесообразно разделение инженерно-геологических изысканий на две очереди. Программа изысканий второй очереди уточняется на основе анализа результатов работ первой очереди. Вследствие динамичности процесса изысканий программа подлежит постоянному уточнению и корректировке, которые должны согласовываться с главным инженером проекта.

1.30. При производстве инженерно-геологических изысканий на оползневых склонах сложного строения необходимо изучение режима оползневых процессов.

2. ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ В ОПОЛЗНЕВЫХ РАЙОНАХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА ДЛЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Гражданское и промышленное строительство

2.1. При проведении инженерно-геологических изысканий в населенных пунктах (особенно крупных) помимо соблюдения общих требований главы СНиП П-9-78, а также действующих инструкций по инженерным изысканиям для городского, поселкового и промышленного строительства необходимо дополнительно:

выявить инженерно-хозяйственные (антропогенные) факторы, влияющие на инженерно-геологические условия их устойчивость;

оценить восприимчивость основных компонентов инженерно-геологических условий к антропогенному воздействию и его влияние на изменение гидрогеологических условий, состава, состояния и свойств пород; интенсивность и активность развития геологических процессов и явлений;

установить распространение, генезис, условия залегания, мощность, состав, состояние и свойства всех антропогенных отложений (особенно склонность их к пластическим и тиксотропным деформациям, уплотнению под нагрузками, набуханию и усадке и т.п.);

выявить все деформации сооружений, установить их характер, генезис, время образования и скорость развития (на основе натурного обследования, сбора сведений в фондах организаций и опроса местных жителей);

оценить эффективность осуществленных противооползневых и других защитных мероприятий;

разработать прогноз изменения инженерно-геологи-

ческих условий при возведении и эксплуатации сооружений;

разработать рекомендации по противооползневой защите территории, рациональному использованию и охране геологической среды.

2.2. Особое внимание следует обратить на изучение изменения влажности и консистенции глинистых пород вследствие утечек из водопроводной и канализационной сети, неорганизованных и аварийных сбросов воды, полива зеленых насаждений и т.п.; изменения плотности глинистых пород в результате их экскавации, образования отвалов, уплотнения при подготовке оснований сооружений и др.; изменения прочности и напряжений в массиве пород в результате увлажнения, подрезки склонов строительными выработками, перегрузки отвалами, строительными материалами, массой сооружений, вибродинамических нагрузок; нарушения устойчивости склонов и откосов вследствие снижения прочности горных пород и нарушения напряженного состояния склона.

2.3. Вследствие стесненности в проведении инженерно-геологических изысканий на территории населенных пунктов должны применяться портативные приборы и оборудование, полевые экспресс-методы и геофизические исследования.

2.4. Инженерно-геологические изыскания должны обеспечить возможность вариантного проектирования, сравнительной экономической оценки вариантов размещения сооружений, районирования территории по объему необходимых защитных мероприятий.

Оросительные гидромелиоративные системы

2.5. В составе инженерно-геологических изысканий должны быть предусмотрены исследования по определению параметров, необходимых для прогноза изменения в режиме влажности зоны аэрации, уровня грунтовых вод и решения дренажных задач. К таким параметрам относятся коэффициенты фильтрации, водоотдачи, недостатка насыщения, глубины залегания водо-

упора, ожидаемое инфильтрационное питание, коэффициенты (характеристики) влагопереноса.

2.6. Границы инженерно-геологической съемки необходимо расширять относительно площади водохозяйственного объекта и проводить их по естественным рубежам (области питания и разгрузки, дренирующие сети, поверхностные водотоки, уступы и склоны террас и других геоморфологических элементов). Это позволит изучать условия формирования и пространственное распространение потока грунтовых вод, их взаимосвязь с речными водами, исходные эпюры влажности.

2.7. При выборе состава и объема изысканий рекомендуется использовать "Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства" (М., 1972) и "Основные положения единых методических указаний по производству инженерных изысканий для мелиоративного строительства", Кн. 2 (М., 1968).

2.8. При инженерно-геологическом обосновании строительства на оползневых склонах, сложенных неполностью водонасыщенными породами ($G < 0{,}8$), следует учитывать возможность снижения их прочностных и деформационных характеристик вследствие повышения влажности пород в процессе строительства и эксплуатации гидротехнических и мелиоративных сооружений.

2.9. При проведении инженерно-геологических изысканий на оползневых склонах для обоснования строительства оросительных гидромелиоративных систем должен учитываться опыт, накопленный Севкавгипроводхозом при проектировании Большого Ставропольского канала.

Автомобильные и железные дороги

2.10. Объем и содержание инженерно-геологических изысканий зависит от стадии проектирования, сложности природных условий и класса проектируемого сооружения и должны быть уточнены в задании.

2.11. Результаты изысканий дают возможность ва-

риантного проектирования, а также позволяют произвести выбор оптимального направления трассы, правильно запроектировать земляное полотно, дорожные сооружения и комплекс инженерных мероприятий, обеспечивающих их устойчивость.

2.12. Материалы изысканий должны содержать информацию для оценки устойчивости склонов как в естественном состоянии, так и после проведения строительства.

2.13. Насыпи и выемки, резервы и ковальеры изменяют напряженное состояние склонов. Значительно меняется характер поверхностного стока вследствие устройства водопропускных труб, нагорных канав, лотков, планировки местности. Материалы изысканий должны помочь в правильном выборе местоположения перечисленных сооружений и позволить оценить будущую гидрогеологическую обстановку.

2.14. Для долговременных прогнозов необходима информация об изменении прочностных и деформационных характеристик пород по мере их выветривания.

2.15. В связи с широким распространением в пределах региона набухающих глинистых грунтов при изысканиях должны быть определены интервалы колебаний влажности и плотности сухого грунта на откосах и на склонах при изменении условий обводнения и сушки.

2.16. Прокладка дорог на склонах связана с последующим проявлением динамических нагрузок от транспорта. Инженерно-геологические изыскания должны установить чувствительность грунтов к динамическим воздействиям.

2.17. Большая протяженность дорог и значительная изменчивость свойств грунтов вдоль трасс затрудняют изыскания. В целях сокращения физических объемов работ и для получения детальных сведений о мощности и простирании пластов, положении грунтовых вод, выделения инженерно-геологических элементов, выявления тектонических разломов, оконтуривания оползней необходимо использовать современные полевые методы исследований, включая геофизические.

2.18. При изысканиях и проектировании дорог необходимо учитывать опыт эксплуатации имеющихся местных транспортных коммуникаций, обобщать и использовать опыт борьбы с оползневыми подвижками в конкретных условиях местности.

2.19. В результате изысканий должны быть установлены участки, где требуются неотложные работы по стабилизации склонов; участки, где необходимо осуществить профилактические мероприятия, и участки, где необходимо организовать длительные стационарные наблюдения.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

Маршрутные наблюдения

3.1. По данным маршрутных наблюдений, уточняется программа изысканий, виды и объемы изыскательских работ, местоположение выработок, определяются последовательность и сроки выполнения работ, уточняется рабочая гипотеза формирования оползневого (оползнеопасного) склона, создается общее представление об инженерно-геологических условиях района (участка) будущих работ, возможности и генеральных направлениях его освоения.

3.2. При описании оползней и их морфологических элементов рекомендуется руководствоваться "Рекомендациями по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития оползней" (М., 1969). Особое внимание следует уделить описанию оползневых трещин и деформаций зданий и сооружений.

3.3. В ходе маршрутного обследования необходимо выполнять зарисовки и фотографирование общего вида и деталей оползневого склона и сооружений на нем.

Размещение, проходка, документация и опробование горных выработок

3.4. Размещение выработок на оползневом склоне определяется геоморфологическими условиями района (участка), типом и размерами оползня, сложностью инженерно-геологических условий, изученностью территории и требованиями проектирования.

Рекомендуется первоначально проходить ряд поперечных и продольных створов выработок, расположенных на наиболее характерных формах рельефа оползня и за его пределами. По этим выработкам строятся опорные геолого-литологические разрезы. Затем сеть выработок сгущается, проводятся уточнение и детализация разрезов. На оползневых склонах не рекомендуется размещение выработок строго по сетке, без учета конкретных инженерно-геологических условий и особенностей района (участка).

3.5. На каждом глетчеровидном оползне следует размещать один или несколько продольных створов, а в случае крупных фронтальных или циркообразных оползней - несколько продольных створов выработок с расстояниями между ними 30-50 м. Поперечные створы выработок целесообразно размещать на оползнях с большим индексом удлиненности. В этих случаях рекомендуется заложить не менее трех поперечных створов - в головной, средней и языковой частях оползня. Количество выработок в створе определяется размером оползня и устанавливается из расчета одной-двух на каждом крупном (более 30 м) элементе оползневого рельефа (оползневых ступенях, понижениях, межоползневых гребнях и т.п.). Кроме того, должны быть пройдены минимум по две выработки на устойчивых частях склона (например, выше бровки срыва и ниже языка оползня).

3.6. Глубина выработок, предназначенных для определения мощности существующего или прогнозируемого оползня, независимо от их местоположения

должна быть не менее чем на 5 м больше мощности оползневых накоплений или мощности сильновыветрелых оползнеопасных пород.

3.7. Необходимо, чтобы большая часть пройденных выработок использовалась комплексно: для проведения режимных наблюдений, опытных работ, опробования и т.п. При выборе конструкции скважины, способа и режима бурения с целью обеспечения 100%-ного выхода керна следует руководствоваться "Рекомендациями по выбору и эффективному применению способов бурения инженерно-геологических скважин в различных природных и геологических условиях".

3.8. При документации выработок необходимо следовать положениям "Руководства по геологической документации при инженерных изысканиях для строительства" (М., 1969), уделяя особое внимание предварительному выделению инженерно-геологических элементов, выделению оползневых и неоползневых отложений, фаций оползневых накоплений, зон выветривания; установлению всех изменений состава пород, условий их залегания, положения кровли и подошвы всех слоев, структуры и текстуры пород, трещиноватости поверхностей и зеркал скольжения, всех водопроявлений и т.п.

3.9. Надежным визуальным признаком оползневых смещений являются зеркала скольжения, обнаруживаемые в керне и в обнажениях на теле оползня. Обычно это отполированные притертые поверхности с характерными признаками: штриховатостью, наличием примазок тонкодисперсного глинистого материала, чаще всего представленного голубоватой бентонитовой глинкой. Часть из отобранных монолитов обязательно должна разламываться и тщательно осматриваться. При обнаружении зеркал скольжения фиксируются их частота, ориентировка, угол наклона к горизонту и поверхности склона, консистенция глинистых примазок на поверхности зеркал скольжения, наличие или отсутствие угнетенности кристаллов гипса и других гипергенных минералов, остатки корней растений и т.п. Наиболее четко зеркала скольжения выражены в грунтах

твердой и полутвердой консистенции. Следует отличать собственно оползневые зеркала скольжения от сходных с ними зеркал, обусловленных набуханием – усадкой пород. Последние представлены блестящими короткими (до 3–4 см и менее), беспорядочно ориентированными поверхностями нередко прихотливой формы придающими всей толще брекчиевидный облик. Обычно зеркала этого генезиса развиты на глубине до 2–3 м не только на склонах, но и на горизонтальных участках местности (особенно в майкопских и криптомактровых глинах и их дериватах).

Оползневые зеркала скольжения следует также отличать от зеркал, образующихся в результате роста кристаллов гипса и уплотнения породы вокруг них, а также от зеркал скольжения тектонического генезиса, которые отличаются более или менее выдержанным простиранием, обычно крутым падением и заполнением трещин вторичными минералами.

3.10. Разделение оползневых накоплений на фации рекомендуется проводить по методу Г.С. Золотарева (см. прил. 4).

3.11. За основу расчленения выветрелой толщи пород на зоны рекомендуется использовать классификацию Н.В. Коломенского. Для условий Северного Кавказа рекомендуется выделять следующие зоны выветривания (сверху-вниз): тонкого дробления (e_1), мелкообломочную (e_2), переходную от мелкообломочной к глыбовой (e_{2-3}), глыбовую (e_3) и монолитную (e_4). Следует иметь в виду, что зона тонкого дробления нередко отсутствует. При описании зон выветривания особое внимание должно быть обращено не только на признаки выветривания (изменение в цвете, минералогическом составе, влажности, пластичности, механической прочности, степени дробления и т.п.), но и на обусловленность оползневых деформаций степенью выветрелости пород, наличие поверхностей и зон ослабления и т.п.

3.12. В процессе разведочных работ и первичной обработки материалов бурения обязательно должно проводиться предварительное выделение инженерно-

геологических элементов (ИГЭ) на основе учета возраста, генезиса, структурно-текстурных особенностей, степени выветрелости и измененности оползневыми процессами, визуальной оценки консистенции, прочности и номенклатурного вида пород. В дальнейшем выделенные ИГЭ уточняются данными полевых и лабораторных определений состава, состояния и свойств пород в соответствии с требованиями ГОСТ 20522-75 "Грунты. Метод статистической обработки результатов определений характеристик".

3.13. При проходке выработок параллельно с их документацией проводится опробование - целенаправленный отбор образцов грунтов с нарушенным и ненарушенным сложением, а также проб воды. Основное количество образцов должно отбираться из ослабленных зон - грунтов, слагающих основной деформирующийся горизонт и определяющих тип существующих или возможных оползней.

3.14. Рекомендуется отбирать следующие виды образцов грунтов: для определения естественной полевой влажности и изучения сезонных ее изменений пробы грунта отбираются в бюксы с хорошо притертыми крышками через 0,25-0,5 м; для определения химического, минералогического, гранулометрического и микроагрегатного составов, а также плотности частиц грунта и пластичности отбираются образцы пород с нарушенным сложением массой 0,5-0,6 кг в плотные матерчатые мешочки из каждого ИГЭ. Для определения физических и механических свойств отбираются монолиты грунта с ненарушенным сложением с указанием ориентации его относительно склона из каждого ИГЭ и обязательно каждый раз при изменении состава и физического состояния пород. Из слабых грунтов монолиты отбираются во всех случаях независимо от мощности слоя.

3.15. Выбор наилучшей схемы опробования грунтов: метода исследования, оптимального размещения точек опробования и их концентрации в выработках, определения необходимого числа проб - рекомендуется проводить в соответствии с "Пособием по расчетам оп-

робования грунтов при инженерных изысканиях для строительства" (М. 1976).

Особенности геофизических исследований

3.16. Геофизические исследования оползневых и оползнеопасных склонов входят в состав инженерно-геологических изысканий и применяются для решения общегеологических и специальных задач.

3.17. Возможность применения геофизических методов определяется степенью дифференциации геологического разреза по удельному электрическому сопротивлению, диэлектрической проницаемости, поляризуемости пород, скорости прохождения в них упругих волн, магнитным и тепловым характеристикам, способности замедлять быстрые нейтроны и поглощать гамма-кванты и т.п.

3.18. Выбор метода геофизических исследований необходимо проводить исходя из задач стадийного проектирования и конкретных инженерно-геологических условий с учетом прил.5 "Инструкции по инженерным изысканиям для промышленного строительства" (СН 225-79 и СНиП П-9-78, прил.4).

3.19. Для повышения достоверности интерпретации результатов геофизических исследований надо предусматривать комплексирование методов и их модификаций, а также их корреляцию с результатами других видов инженерно-геологических работ, выполняемых при изысканиях дополнительно.

3.20. Рекомендуется широко применять различные модификации методов электроразведки (вертикальное электрическое зондирование - ВЭЗ, круговое вертикальное электрическое зондирование - КВЭЗ, электропрофилирование - ЭП, методы вызванной поляризации - ВП, естественного электрического поля - ЕП, заряженного тела - МЗ, электрокаротаж, резистивиметрия), сейсморазведки (корреляционный метод преломленных волн - КМПВ, метод преломленных волн - МПВ, сейсмоакустические методы), а также ультразвуковой каротаж, радиоизотопные методы (гамма-

гамма-каротаж - ГГК, нейтрон-нейтронный каротаж - ННК), термометрию.

3.21. Основными методами являются модификации электро- и сейсморазведки. Главным условием получения надежных результатов при использовании этих методов является достаточная дифференциация геологического разреза по величине удельных электрических сопротивлений, сейсмических и других свойств грунтов, поэтому наиболее успешно методы электро- и сейсморазведки могут быть использованы при изучении оползней течения и прежде всего оползней-потоков и оплывин, отличающихся контрастностью физических свойств оползневых отложений и подстилающих несмещенных пород. Электроразведочные методы более эффективны при изучении водно-физических характеристик грунтов, сейсмические - при изучении прочностных и деформационных свойств.

3.22. Методика производства геофизических исследований изложена в соответствующих инструкциях, а также в "Методических указаниях по применению геофизических методов при инженерно-строительных изысканиях на оползнях" (М., 1971).

Полевые и лабораторные исследования глинистых грунтов

3.23. Глинистые породы являются основным литологическим типом отложений, в которых возникает и развивается подавляющее большинство оползней Северного Кавказа.

3.24. Полевые методы применяются в основном для уточнения расчленения массива пород оползневого (оползнеопасного) склона на инженерно-геологические элементы (микропенетрация, статическое зондирование, искиметрия, прессиометрия, вращательный срез), а также для исследования прочностных и деформационных свойств грунтов (полевые испытания на сдвиг, вращательный срез, испытания статическими нагрузками на штампы, статическое зондирование). Причем сдвиговые и штамповые испытания следует применять

в основном для инженерно-геологических элементов, играющих главную роль в оползневом процессе.

3.25. Глубина статического зондирования должна быть по возможности на 5 м больше мощности оползневых или оползнеопасных накоплений. Шаг фиксации сопротивления грунта внедрению конуса зонда должен быть не более 0,05 м. В пределах каждого выделенного инженерно-геологического элемента должно быть не менее шести точек при опробовании статическим зондированием, микропенетрацией, вращательным срезом и прессиометром, а также не менее трех сдвиговых и штамповых испытаний для инженерно-геологических элементов, играющих основную роль в развитии оползневого процесса.

3.26. Лабораторные исследования глинистых грунтов выполняются с целью определения показателей их состава, состояния и свойств, соответствующих природному или прогнозируемому состоянию. Кроме того, по результатам лабораторных исследований грунтов уточняется выделение инженерно-геологических элементов.

3.27. Для глинистых грунтов оползневых и оползнеопасных склонов Северного Кавказа рекомендуется определять следующие показатели:

химический состав и содержание легко растворимых в воде солей, содержание гипса и карбонатов; состав и минерализация поровых растьоров (в случае диффузионного выщелачивания грунтов); емкость обмена и состав обменных катионов, содержание органического вещества и аморфного кремнезема;

минералогический состав глинистой фракции, определяемый рентгеновским, термическим и электронно-микроскопическим методами (на оползневых склонах сложного строения при проектировании особо сложных и ответственных сооружений);

физические свойства грунтов: гранулометрический состав (при максимальной диспергации и микроагрегатный); влажность и плотность (естественные, после набухания, набухания и усадки, а также других испытаний и экспериментов); плотность частиц грунта,

пределы пластичности, максимальная молекулярная влагоемкость, характеристики набухания, усадки и размокания грунтов; динамическая вязкость грунтов и другие реологические характеристики; коррозионность грунтов;

механические свойства грунтов: сопротивление вдавливанию конуса при разных режимах увлажнения и сушки, сжимаемости по данным компрессионных испытаний, сопротивление сдвигу на приборах одноплоскостного сдвига и в стабилометрах, сопротивление одноосному сжатию.

3.28. Особое внимание необходимо обращать на правильный выбор методики сдвиговых испытаний, которые рекомендуется проводить как минимум по трем схемам: сдвиг естественного образца; повторный сдвиг по подготовленной (или образовавшейся) поверхности; повторный сдвиг по образовавшейся и смоченной поверхности.

Расчетные характеристики, полученные по схемам испытаний, характеризующих прочность ослабленных зон, наиболее полно отвечают задачам определения устойчивости оползневых склонов.

3.29. В результате проведения сдвиговых испытаний по разным схемам рекомендуется определять жесткое структурное сцепление, которое входит в расчеты устойчивости склонов: $C_c = C_w - \Sigma_w$ (по разности величин общего стандартного сцепления C_w и сцепления связности Σ_w, отвечающего последнему из повторных сдвигов).

3.30. Рекомендуется определять "Фактор остаточной прочности" (по Скемптону), показывающий, какая часть поверхности скольжения проходит через грунты, имеющие минимальную прочность:

$$R = \frac{S_{макс.} - S_{ср}}{S_{макс} - S_{мин}},$$

где $S_{макс.}$ - стандартная прочность на сдвиг; $S_{мин}$ - по подготовленной и смоченной поверхности; $S_{ср}$ - среднее значение сопротивления сдвигу в момент смещения.

3.31. Виды и объемы лабораторных исследований

минералогического и химического состава грунтов определяются сложностью и спецификой природных условий площадки строительства и должны быть обоснованы программой работ. Для остальных показателей количество образцов назначается в соответствии с требованиями СНиП П-15-74, П-9-78 и ГОСТ 20522-75.

3.32. Методика лабораторных испытаний грунтов должна учитывать тип существующего или прогнозируемого оползня:

при изучении оползней соскальзывания, а также расчете оснований гидротехнических сооружений сопротивление сдвигу определяют по схеме "сдвиг, ускоренный по плоскости, искусственно подготовленной или естественной" (сдвиг "плашка - по плашке"). Нормальные давления и ступени его назначаются по ГОСТ 12248-78. В полевых условиях для этих целей применим сдвиг целиков пород в шурфах или котлованах по тем же плоскостям;

при изучении оползней срезания необходимо исследовать анизотропию сдвиговой прочности пород, т.е. изменение ее в зависимости от положения плоскости среза по отношению к плоскостям напластования. Из полевых методов в этом случае наиболее целесообразно применять метод обрушения целиков пород в шурфах и котлованах с разными условиями залегания пород;

при изучении оползней выдавливания основное внимание должно уделяться определению критических нагрузок, при которых происходит нарушение структуры грунта, а также реологических свойств его (длительной прочности, ползучести). Для определения структурной прочности можно использовать метод одноосного сжатия. Для изучения сопротивления сдвигу пород в зоне оползневого смещения следует использовать методы вращательного и поступательного среза;

при изучении оползней выплывания должны определяться критический градиент перехода породы в плывунное состояние под влиянием гидродинамического потока, а также критический градиент структурной

прочности, определяющий границу перехода породы в плывунное состояние. Сопротивление сдвигу пород в разжиженном или плывунном состоянии целесообразно оценивать в полевых условиях методом вращательного среза;

при изучении оползней течения выявляют зависимость сопротивления сдвигу грунтов от их влажности. Срез образцов грунта в сдвиговых приборах производится в этом случае после водонасыщения до влажности, соответствующей предполагаемой или наблюдаемой в натурных условиях влажности грунта. Из полевых методов для определения сопротивления грунта сдвигу следует применять вращательный (крыльчатый) или поступательный срез;

при изучении оползней проседания необходимо определять критическую влажность просадки и критическое давление просадки, при которых происходит образование просадочных трещин, а сопротивление сдвигу лессовых пород следует определять в условиях полного водонасыщения образцов без уплотнения. Деформационные и прочностные характеристики лессовых пород на оползневых склонах можно изучать методами вращательного и поступательного среза, а также пенетрационно-каротажными методами;

при исследованиях сложных оползней следует применять различные сочетания или модификации методов определения сопротивления грунтов сдвигу в зависимости от состояния пород, вида напряженного состояния грунтов в изучаемой части склона и характера их деформаций.

В случае сложного напряженного состояния в грунтовом массиве оползневого склона необходимо определить характеристики сопротивления сдвигу грунтов как в условиях сжатия, так и в условиях растяжения или иного напряженного состояния.

3.33. Методика лабораторных и полевых исследований глинистых грунтов должна отвечать прогностическим целям - моделировать изменения состояния, деформационных и прочностных свойств грунтов под влиянием как природных, так и антропогенных (тех-

ногенных) факторов, в частности: в различных зонах выветрелой толщи грунтов; после набухания, усадки и набухания; после замораживания и оттаивания; при влажности на границах раскатывания, текучести и других характерных влажностях; при воздействии как статических, так и динамических нагрузок; при изменениях гидрохимического режима подземных вод и др.

3.34. На начальных стадиях проектирования с целью снижения стоимости лабораторных работ рекомендуется использовать региональные корреляционные зависимости между различными показателями водно-физических свойств четвертичных глинистых грунтов Северного Кавказа (табл. 1).

Кроме того, величину сцепления по тектоническим и гипергенным трещинам, а также контактам пород можно рассчитать по формуле А.В. Маркова; $C = 223 I W^{-2,81}$, где C – величина сцепления, МПа; W – влажность глинистого материала, заполняющего трещины, содержащего более 50% частиц диаметром менее 0,005 мм, %.

Таблица 1

Уравнение зависимости	Корреляционное отношение
$W_{макс} = 0,42W_L + 2$	0,86
$\gamma_{ск} = 2,18 - 0,014W_L$	0,89
$W_{опт} = 0,42W_L + 4,02$	0,91

Примечание. W_L – влажность на границе текучести, %; $\gamma_{ск}$ – максимальная плотность сухого грунта, г/см^3; $W_{опт}$ – оптимальная влажность, %; $W_{макс}$ – максимальная молекулярная влагоемкость, %.

В качестве расчетных значений показателей сопротивления сдвигу элювиальных глин майкопской свиты, которые наиболее широко развиты в Центральном Предкавказье и являются наиболее оползнеопасными, рекомендуется принять $C = 0,003$ МПа, $\varphi = 9^{\circ}30'$ (по Э.В. Запорожченко).

Опытно-фильтрационные работы

3.35. Опытно-фильтрационные работы на оползневых и оползнеопасных склонах Северного Кавказа должны проводиться, в соответствии с требованиями СНиП П-9-78, с целью детального изучения гидрогеологических условий, оценки их влияния на устойчивость склонов и развитие оползней, определения необходимости и возможности дренирования территории, оценки водопритоков в строительные котлованы, разработки прогноза изменения гидрогеологических условий при хозяйственном освоении оползневых склонов. При этом должны быть определены коэффициенты фильтрации, пьезо- или уровнепроводности, водоотдачи и недостатка насыщения, перетекания, а также направление и скорость движения подземных вод.

3.36. При выборе методов, технологических схем проведения и обработки опытно-фильтрационных работ рекомендуется использовать следующую литературу: "Справочное руководство гидрогеолога", т.1, 2 (Л., 1979); Боревский В.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек (М., 1979).

3.37. При планировании и постановке опытно-фильтрационных работ необходимо учитывать, что гидрогеологические условия оползневых склонов (особенно на участках развития свежих оползней), как правило, не выдержаны по фильтрационным свойствам и мощности водовмещающих пород, а также гидравлическим градиентам. Все это создает значительные трудности в определении статистически обоснованных гидрогеологических параметров.

3.38. Опытно-фильтрационные работы целесообразно проводить после предварительного районирования территории, а также расчленения разреза по литологическому составу пород.

3.39. Для целенаправленного выбора состава и мест проведения основных опытно-фильтрационных работ необходимо дать предварительную оценку фильтрационных свойств водовмещающих пород методом проб-

ных кратковременных откачек с обязательным наблюдением за восстановлением уровня воды.

3,40. В состав опытно-фильтрационных работ входят одиночные и кустовые откачки из скважин, наливы воды в шурфы, нагнетание воды в скважины, наблюдения за миграцией индикаторов.

3,41. Принципиальное решение о выборе методов, условий и технологических схем полевых испытаний проницаемости грунтов следует принимать в соответствии с требованиями ГОСТ 23278-78, "Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости".

3,42. Определение проницаемости пород в зоне насыщения рекомендуется проводить в основном с помощью кустовых откачек. В случае литологически однородных пород в каждом опытном кусте необходимо заложить 1-2 луча с двумя наблюдательными скважинами. При неоднородном литологическом составе водовмещающих пород количество лучей должно быть увеличено до 2-3 с 3-4-мя наблюдательными скважинами в каждом луче.

Одиночные откачки целесообразно применять в хорошо проницаемых породах: чистых песках, галечниках и т.п.

3,43. В слабопроницаемых грунтах, к которым относится большая часть оползневых накоплений, элювий майкопских и криптомактровых глин и другие отложения, проводятся кустовые откачки с понижением уровня в центральной скважине не менее 2 м, при разности уровней в соседних наблюдательных скважинах не менее 0,1-0,2 м. Ориентировочные расстояния от центральной до первой, второй и третьей наблюдательных скважин для указанных отложений рекомендуется принять соответственно 1,3 и 6 м. Более точно расстояния определяются расчетом по ориентировочным значениям коэффициентов фильтрации, полученных методом пробных кратковременных откачек, мощности водоносного горизонта и заданному понижению.

3,44. Водопроницаемость грунтов в зоне неполного

водонасыщения определяется с помощью наливов воды в шурфы.

3.45. Опытные нагнетания воды в скважины рекомендуется проводить в выветрелых (трещиноватых) коренных породах миоцена и более древних, а также в оползневых накоплениях блоковой фации и смещенных массивах.

Стационарные гидрогеологические наблюдения за режимом подземных вод

3.46. Согласно СНиП П-9-78, стационарные гидрогеологические наблюдения входят в состав инженерно-геологических изысканий и при необходимости должны быть продолжены в течение строительства и эксплуатации сооружений.

3.47. Результаты стационарных гидрогеологических наблюдений используются для уточнения роли геологической деятельности подземных вод в оползневом процессе и выбора расчетной минерализации подземных вод при оценке их агрессивного воздействия на материал конструкций сооружений.

3.48. Стационарные гидрогеологические наблюдения проводятся не менее одного года и направлены на изучение уровенного и температурного режимов подземных вод, а также изменения их минерализации и химического состава.

3.49. Стационарные гидрогеологические наблюдения за режимом подземных вод, оказывающих влияние на развитие оползней, выполняются по специально оборудованным скважинам, а также имеющимся колодцам, каптированным источникам и горным выработкам.

3.50. В качестве фильтровых колонн используются металлические, асбестоцементные и пластмассовые трубы. Оптимальная длина фильтров 1-2 м, отстойника - 1-1,5 м. Низ фильтра скважины располагают на 0,5 м ниже меженного уровня грунтовых вод. Скважины оборудуются оголовками с запирающимися крышками.

Затрубное пространство скважин цементируют или

заполняют глиной, чтобы исключить просачивание по нему атмосферных осадков.

3.51. На каждую скважину составляют паспорт, содержащий ее геолого-технический разрез (с указанием интервала установки фильтра), отметку поверхности земли и точки замера, расстояния до водотока или водоема. В паспорт регулярно вносят изменения обстановки, оборудования, отметок и пр.

3.52. В течение первого года наблюдения за уровнем и температурой подземных вод рекомендуется проводить 10 раз в месяц (через 3 дня). Одновременно производится планово-высотная привязка оголовков скважин, учитываются их деформации, вызванные оползневыми смещениями. В последующие годы после установления основных закономерностей режима подземных вод и динамики оползневых накоплений периодичность наблюдений должна быть откорректирована.

Один раз в месяц производится отбор пробы воды на химический анализ.

3.53. Для изучения баланса подземных вод рекомендуется использовать экспериментальный и расчетный (в конечных разностях) методы.

3.54. Величина перетока подземных вод устанавливается с помощью наблюдений за изменением пьезометрических уровней с глубиной в специально оборудованном кусте скважин.

3.55. Для расчета гидрогеологических параметров, по данным режимных наблюдений, целесообразно применять методы математического и аналогового моделирования (ЭГДА, сеточный интегратор).

Стационарные наблюдения за оползневыми подвижками

3.56. Наблюдения за оползневыми подвижками проводятся с целью определения наличия (или отсутствия) оползневого смещения; изучения закономерности изменчивости подвижек во времени и оценки их связи с различными факторами; изучения пространственной изменчивости оползневых деформаций на склоне; оп-

ределения местоположения поверхности (зоны) смещения оползня и изучения закономерностей развития глубинных оползневых деформаций; прогнозирования развития оползня (определение начала активизации или затухания процесса и т.п.); оценки эффективности осуществленных противооползневых мероприятий.

3.57. Достижение перечисленных целей осуществляется с помощью геодезических наблюдений за планово-высотным положением реперов, установленных на поверхности склона, деформографов-трещиномеров и глубинных реперов.

3.58. Для обеспечения геодезическими реперами всех основных оползневых морфоэлементов закладку сети реперов целесообразно проводить по результатам трещино-морфологической съемки, выполняемой с учетом генетической классификации трещин. Опорные и ориентирные реперы должны располагаться вне зоны оползневых смещений. Реперы на склоне должны обеспечить взаимную видимость с ближайших наблюдаемых реперов.

3.59. Реперы следует располагать по продольным и поперечным створам. Количество створов и реперов в каждом створе определяются размером оползня, его морфологическим типом и поставленными перед инструментальными наблюдениями задачами (см. п. 3.56). На каждой крупной оползневой ступени (более 30 м), а также на участках перегибов рельефа реперы рекомендуется располагать не менее чем через 20 м.

3.60. Выбор метода геодезических измерений должен производиться в соответствии с действительными величинами оползневых деформаций. Относительная ошибка измерения оползневой деформации должна быть не более 25%. В верхней части склона, выше стенки срыва оползня, где возможно формирование нового оползневого блока, и в зонах сжатия наблюдения должны быть более точными в соответствии с фактическими величинами подвижек. На участках склона, где преобладают вертикальные составляющие деформаций, следует производить геометрическое нивелирование замкнутыми ходами. Для повышения точности нивелирных работ на относительно стабильных

участках склона возможно использование метода геометрического нивелирования коротким визирным лучом с применением высокоточных нивелиров и специальных шкал. В целях повышения точности и производительности линейных измерений рекомендуется использовать светодальномеры с автоматической индикацией результатов измерений ЕОК-2000 или 2СМ-2.

3.61. На активных оползнях частота геодезических наблюдений за всеми реперами на поверхности склона должна быть не реже 3–4 раз в год (ранней весной, летом и поздней осенью).

3.62. Для увязки результатов измерений величин оползневых деформаций между собой, их сопоставления с данными ежедневных наблюдений за климатическими условиями организаций системы Гидрометслужбы, выявления связи с другими факторами, а также для определения начала активизации оползневых деформаций на оползневом участке должно быть установлено 1–3 прибора (трещиномер, наклономер или глубинный репер) с высокоточной автоматической регистрацией величин оползневых деформаций 1–2 раза в сутки.

3.63. Для выявления местоположения поверхности оползневого смещения может быть использован глубинный репер – "электрический фиксатор" смещения, представляющий собой помещенную в скважину и залитую цементным раствором систему (косу) тонких одножильных медных проводов, из которых один нулевой – центральный, а остальные – отводы от него с интервалом 0,5–1 м. В зоне смещения оползня цементный столбик вследствие подвижки ломается и все провода-отводы, находящиеся ниже излома, обрываются, что фиксируется подключением к выводам в оголовке скважины тестера или батарейки с лампочкой.

3.64. Тензометрический глубинный репер позволяет проследить формирование оползневых деформаций на различных глубинах оползневого тела, в том числе в зоне смещения. Наиболее удобно его применение в виде инклинометра, представляющего собой длинную упругую стальную ленту, вводимую в гибкий металлический рукав с подвижным швом перпендикулярно направлению ожидаемых смещений.

Показания специальных датчиков, наклеенных вблизи нижнего конца ленты, снимаются посредством портативного измерителя статических деформаций ИСД-3. Данный глубинный репер особенно эффективен для измерения глубинных деформаций оползней-потоков в стадию подготовки основного смещения.

3.65. Для автоматической регистрации величин оползневых деформаций может быть использован оползневой деформограф ВСЕГИНГЕО ОДВ-81, представляющий собой самопишущий прибор с элементом, связывающим базовые точки в виде гибкой тяги. Диапазон измеряемых перемещений практически неограничен при разрешающей способности 0,1 мм. Тип преобразователя перемещений гибкой тяги кулачковый. Длительность безнадзорной работы прибора 7 сут. ОДВ-81 может быть применен в вариантах глубинного тросового репера и трещиномера. Он эффективно работает на оползнях различных типов как в стадии их подготовки, так и основного смещения.

Стационарные наблюдения за напряжениями в массиве склона

3.66. Натурные измерения напряжений в массиве склона при выполнении инженерно-геологических изысканий применяются для более детального изучения механизма оползневого процесса (в сложных случаях, а также при изысканиях под ответственные сооружения); исследования взаимосвязей между напряжениями, деформациями и факторами, обусловливающими их изменение; выявления предвестников активизации оползневых деформаций; выявления оползнеопасных участков склона и оценки эффективности осуществленных противооползневых мероприятий.

3.67. Стационарное изучение напряжений в глинистых породах слагающих оползневой склон, может быть осуществлено следующими методами: измерением нормальных напряжений посредством мессдоз (преобразователей грунтового давления); измерением порового давления; частичной разгрузки и косвенной оцен-

ки напряженного состояния склона (трещино-морфологическая съемка, геофизические сейсморазведочные и геоакустические наблюдения).

3.68. Посредством мессдоз наблюдения производятся преимущественно за горизонтальной составляющей напряжений в направлении ожидаемого оползневого смещения. Мессдозы размещаются в относительно стабильных массивах склона: выше с ки срыва или в ранее смещенных, но в данное врем устойчивых частях оползневого тела.

При глубине залегания поверхности смещения оползня h до 30 м рекомендуются мессдозы с верхними пределами измерения давления 0,4–1 МПа. Глубина установки мессдозы должна быть не менее $0,5h$. На требуемый горизонт мессдозы устанавливаются задавливанием с забоя скважины на 0,5–0,8 м. Для этой цели мессдоза закрепляется в специальном снаряде.

Для измерения величины оползневого давления, а также для определения начала возможной активизации оползня мессдозу необходимо крепить в верхней части патрубка длиной 2–3 м, закрепленного нижним концом на 1–1,5 м в несмещаемых породах, ниже выявленной поверхности смещения. После установки мессдозы скважина тщательно тампонируется грунтом с уплотнением.

3.69. Измерение порового давления в водонасыщенных глинистых грунтах производится для прогноза активизации оползневых деформаций, а также для корректировки расчетов устойчивости склона. Для этой цели используются пьезометры и датчики порового давления. Пьезометры порового давления рекомендуется использовать на достаточно водообильных склонах. В датчиках порового давления давление поровой воды через пористый фильтр передается на мембрану и преобразуется в электрический сигнал. Используются струнные, трансформаторные, индуктивные, тензорезисторные и другие преобразователи.

3.70. Метод частичной разгрузки используется для выявления оползнеопасных участков (мест, где формируются оползневые трещины растяжения), оценки

состояния оползневого склона и эффективности осуществленных противооползневых мероприятий.

Сущность метода заключается в следующем. На выбранном участке склона расчищается горизонтальная площадка (для определения горизонтальных составляющих напряжений), на которой на взаимно перпендикулярных лучах на расстоянии 20–40 см от центра пересечения лучей забивается 4–8 реперов на глубину 30–40 см. В месте пересечения лучей проходят скважину диаметром 20–25 см и глубиной 35–45 см. Происходящая при этом разгрузка напряжений в основании площадки вызывает перемещения реперов, которые измеряются индикаторами, закрепленными на стойках с кронштейнами, в течение 2 ч. По измеренным величинам перемещений реперов вычисляются напряжения, действующие в искомых направлениях. Методом частичной разгрузки определяются напряжения как на поверхности склона, так и в горных выработках (шурфах, штольнях, галереях и т.п.).

3.71. Трещино-морфологическая съемка позволяет выделить на оползневом склоне зоны сжатия и растяжения, дать характеристику структуры оползневого тела, установить границы оползней второго порядка. Повторные наблюдения за системами трещин могут проводиться по створам (наблюдения за марками). Частота этих наблюдений зависит от степени активности оползня и должна быть связана с частотой наблюдений за перемещением реперов и факторами, обусловливающими развитие оползневых деформаций.

Прогноз оползневых процессов

3.72. Цель прогноза оползневых процессов заключается в определении характеристик возможных деформаций склонов и степени опасности для существующих или проектируемых сооружений и территорий с учетом комплекса взаимодействующих техногенных и природных факторов.

3.73. Назначение, задачи и методы прогноза оползней зависят от площади территории, требуемого

срока прогнозирования, вида и этапа хозяйственного освоения (табл. 2).

3.74. По отношению к пространству следует различать региональные и локальные прогнозы (по Г.К. Бондарику). По отношению ко времени прогнозы можно разделить на долгосрочные, разрабатываемые на весь планируемый срок существования сооружения (десятки или сотни лет); заблаговременные, соизмеримые со сроком строительства (несколько лет); краткосрочные, в том числе текущие (на ближайший год или сезон); и оперативные (на несколько дней).

3.75. При выборе рационального комплекса методов прогноза оползневых процессов необходимо руководствоваться следующим:

отбор существенных параметров оползневого процесса и отказ от несущественных должен производиться с учетом требований к изучению инженерно-геологических условий, выдвигаемых на различных этапах освоения;

время реализации прогноза должно определяться сроком существования сооружения или хозяйственного использования территории;

при последовательной детализации прогнозов на соответствующих этапах освоения необходимо обеспечить преемственность между прогнозируемыми параметрами процесса с последовательным приближением к наибольшей достоверности данных;

комплексирование методов прогноза должно выполняться в целях всесторонней прогнозной характеристики оползневого процесса с учетом их взаимозаменяемости и взаимодополняемости;

все операции по составлению прогноза (сбор и обработка исходных данных и выдача прогнозных заключений) должны выполняться в наиболее экономном режиме с возможно широким использованием средств автоматизации.

3.76. Всю совокупность инженерно-геологических прогнозов оползней необходимо рассматривать как единую систему, состоящую из последовательных, взаимообусловленных стадий прогнозирования, нару-

Таблица 2

Этапы хозяйственного освоения	Назначение инженерно-геологических исследований	Задачи прогноза	Метод прогноза	Вид прогноза	
				пространственный	временный
Схема комплексного использования ресурсов (территории)	Предварительная комплексная оценка инженерно-геологических условий территории освоения, обоснование и рекомендации по выбору оптимального варианта размещения и компоновки комплекса сооружений	Установление возможностей возникновения оползневых процессов, определение областей распространения и предварительная оценка направленности их развития	Историко-геологический. Районирование по степени "оползневого риска" Методы аналогий	Региональный	Долгосрочный, заблаговременный
Техническое проектирование	Прогнозная оценка инженерно-геологических условий проектирования конкретных сооружений и обоснование защитных мероприятий от вредного воздействия геологических процессов	Уточнение пространственных параметров участков размещения оползней и выявление хода их развития во времени, оценка ожидаемого воздействия оползней на инженерные сооружения и сох-	Прогнозное картирование по показателям вероятности. Методы определения периодов активизации Физическое моделирование (оптическое, центробежное,	То же Локальный	То же Заблаговременный

		ранность территории	тензометрическое, ЭГДА, эквивалентными материалами). Математическое моделирование (расчетные методы, метод конечных элементов)		ный
Строительно-эксплуатационный период	Выявление режима и прогноз состояния компонентов инженерно-геологических условий под воздействием природных и техногенных факторов	Определение времени активизации, кинематических и пространственных характеристик оползневых процессов	Прогнозное картирование. Методы определения периодов активизации	Региональный	Заблаго-временный, текущий
			Моделирование эквивалентными материалами. Расчеты устойчивости склонов и скорости оползневого процесса. Метод симптомов	Локальный	Заблаго-временный, текущий, оперативный

шение которых снижает качество прогнозов и тем самым приводит к большим трудностям и удорожанию хозяйственного освоения оползневых территорий.

3.77. В соответствии с этапом хозяйственного освоения территории и условиями рекомендуется применять оптимальный набор методов, адекватных задачам прогноза (см. табл. 2).

3.78. На стадии схемы комплексного использования территории рекомендуются историко-геологический метод, оценка "оползневого риска" и методы аналогий.

В результате историко-геологического анализа изучаемая территория районируется по степени устойчивости, определяются основные оползневые факторы и направления противооползневых защитных мероприятий.

"Оползневой риск" оценивается посредством учета пораженности территории оползнями в процентах с последующим построением изоплет или оконтуриванием отдельных участков.

Из группы методов аналогий рекомендуется применять сравнительно-геологический метод (метод природных аналогов) и метод Е.П. Емельяновой.

В разработанном к настоящему времени виде сравнительный метод Е.П. Емельяновой может быть использован для определения возможности возникновения оползней в областях с горизонтальным залеганием пород однородного глинистого состава.

3.79. Задачи прогноза на стадии технического проектирования полностью решаются группой методов прогнозного картирования по показателям вероятности. Наиболее предпочтительными из них являются метод районирования по оползневому потенциалу и метод картирования с применением алгоритма распознавания.

Методы этой группы могут быть использованы для вероятностного прогнозирования в любых геологических условиях. Они применимы как на стадии проектирования, так и на строительно-эксплуатационном этапе для составления прогнозных карт различных масштабов - от 1:200 000 до 1:5000.

3,80. Прогноз оползневых процессов с помощью методов математического и физического моделирования рекомендуется разрабатывать на стадии рабочего проектирования и в строительно-эксплуатационный период. Помимо традиционных методов в настоящее время применяются и могут быть рекомендованы расчет устойчивости склонов методом конечных элементов, определение периодов активизации оползней.

3,81. Методы симптомов могут быть рекомендованы при наличии продолжительных наблюдений за развитием оползневого процесса и обусловливающих его факторов.

3,82. Надежность прогноза может быть проверена идентичностью результатов, полученных различными методами. Взаимопроверку прогнозов рекомендуется выполнять на всех стадиях проектирования.

Расчет устойчивости оползневых склонов и откосов

3,83. Расчет устойчивости оползневых склонов и имеющихся на их поверхности уступов и откосов с определением величины коэффициента устойчивости K_y выполняется только для площадей, не затронутых в период изысканий активными действующими оползнями. Для участков активных оползней, где $K_y < 1$, рекомендуется производить обратные расчеты устойчивости с целью определения показателей сопротивления пород сдвигу.

Допускаемая величина коэффициента устойчивости склона (уступа, откоса) $K_{y.доп}$ принимается равной

$$K_{y.доп} = \frac{n_c K_н}{m},$$

где $n_c, K_н, m$ — соответственно коэффициенты сочетания нагрузок, надежности и условий работы, назначаемые, согласно требованиям "Инструкции по проектированию и строительству противооползневых и противообвальных защитных сооружений" (СН 519-79), с учетом вида сооружения и вида хозяйственного использования рассматриваемого склона или его участка, предусмотренных проектом.

3.84. Расчеты устойчивости проводятся для разных вариантов положения поверхности оползневого смещения (скольжения), как правило, применительно к условиям плоской задачи. За расчетную принимается наименьшая из величин коэффициента устойчивости, полученных для различного положения поверхности смещения.

3.85. Исходные данные для расчетов необходимо определять с учетом прогнозируемых изменений инженерно-геологической обстановки и нагрузок на склоны, ожидаемых в процессе освоения рассматриваемого склона. При этом значения показателей свойств пород и величины нагрузок должны соответствовать худшему из реально возможных состояний склона за проектный срок его эксплуатации с учетом изменений свойств пород по сезонам года и за многолетний период.

3.86. Расчеты устойчивости производятся применительно к типам и подтипам оползней по механизму оползневого смещения (см. прил. 1), возможных в инженерно-геологических условиях рассматриваемого склона.

3.87. Для оползней скольжения формулы расчета коэффициента устойчивости имеют вид:

для склонов (уступов, откосов), сложенных необводненными породами:

$$K_y = \frac{\Sigma p_i (\cos\alpha_i - m\sin\alpha_i) tg\varphi_i + \Sigma C_i l_i \cdot 1м}{\Sigma p_i (\sin\alpha_i + m\cos\alpha_i)}, \qquad (1)$$

при наличии водоносных горизонтов, пересекаемых поверхностью оползневого смещения

$$K_y = \frac{\Sigma [p_i' \cos\alpha_i + \gamma_в \omega_i J_i \sin(\beta_i - \alpha_i) 1м - p_i m \sin\alpha_i] tg\varphi_i + \Sigma C_i l_i \cdot 1м}{\Sigma p_i' \sin\alpha_i + \Sigma \gamma_в \omega_i J_i \cos(\beta_i - \alpha_i) 1м + \Sigma p_i m \cos\alpha_i}, \qquad (2)$$

где p_i – вес расчетного отсека, ограниченного по бокам вертикальными гранями; снизу – поверхностью скольжения, МН; α_i – крутизна подошвы отсека, град; φ_i, C_i – соответственно угол внутреннего трения, градусь и сцепление, МПа, для грунта по подошве отсека; l_i – длина подошвы отсека, м; m – коэф-

фициент сейсмичности, принимаемый, в соответствии с табл. 3, в зависимости от расчетной сейсмичности для района изысканий (при расчетной сейсмичности менее 6 баллов величина $m = 0$);

$P_i' = (P_i - \gamma_в \omega_i \cdot 1м)$ – вес отсека с учетом гидростатического взвешивания (для отсеков, подошва которых находится в пределах водоносного горизонта), МН;

$\gamma_в$ – плотность воды, равная 0,01 МН/м^3; ω_i – площадь обводненной зоны в пределах отсека, м^2; J_i – гидравлический градиент водоносного горизонта в пределах отсека; β_i – угол наклона равнодействующей фильтрационного давления (равный уклону линии, соединяющей середины обводненных частей боковых граней отсека), град.

Таблица 3

Расчетная сейсмичность, балл...	6	7	8	9	10
Коэффициент сейсмичности m ...	0,01	0,025	0.05	0,10	0,25

3.88. Для асеквентных и инсеквентных оползней скольжения характерна круглоцилиндрическая (круговая в плоскости чертежа) поверхность скольжения, положение которой определяется методом Феллениуса.

Для консеквентных оползней поверхность скольжения приурочена к контакту малопрочной породы с нижезалегающей, более прочной породой или к одной из плоскостей ослабления в массиве пород. Наиболее опасный вариант положения поверхности скольжения определяется серией расчетов устойчивости, выполняемых в соответствии с п. 3.87.

3.89. Для оползней выдавливания наиболее опасная поверхность смещения в средней и нижней частях склона проходит по ложу ранее сместившихся оползневых блоков, а в верхней части склона сечет коренные породы и отчленяет новый оползневой блок в прибровочной полосе. Ширину отчленяемого блока следует определять методом аналогии на основе изучения оползней выдавливания, ранее образовавшихся в данном районе. Определение коэффициента устойчивос-

ти применительно к возможности разрушения склона оползнем выдавливания выполняется по тем же формулам, что и для оползней скольжения (см. п.3.87).

3.90. При оценке возможности образования оползней течения (пластических, оползней-потоков, оплывин) коэффициент устойчивости определяется по формуле

$$K_y = \frac{\Sigma l_i \tau_{пол.i}}{\Sigma l_i \tau_i}, \qquad (3)$$

где l_i – длина участка подошвы потенциального оползня течения, м; $\tau_{пол.i}$; τ_i – средние величины соответственно порога ползучести пород при испытаниях на сдвиг и тангенциального напряжения в массиве пород для того же участка, МПа.

Формула (3) применяется только для пород, обладающих ползучестью. Подошва потенциального оползня течения обычно приурочена к нижней части слоя поверхностных малоуплотненных глинистых накоплений (элювиальных, делювиальных, делювиально-оползневых, сильно перемятых оползневых). При оценке возможности образования оплывин величины порога ползучести должны соответствовать состоянию пород в период сезонного оттаивания. Дополнительно к оценке возможности образования оползня течения для того же участка склона необходимо проверять возможность возникновения оползня скольжения.

3.91. Оценка возможности образования оползней выплывания сводится к определению возможности возникновения критических гидравлических градиентов, приводящих к гидродинамическому выносу пылеватых или песчаных частиц породы из обводненного слоя. Возможность прорыва глинистых накоплений – экрана, обычно перекрывающего обводненный слой песка или супеси в месте их вывода на склоне в результате образования оползня скольжения, необходимо оценивать с использованием формулы (2).

3.92. Оползни проседания характерны для склонов, сложенных просадочными породами. Если просадочные породы имеют большую мощность и горизонтальное положение подошвы, то при наличии толщи оползневых накоплений, примыкающей к крутому прибровочному

уступу склона, оползни проседания смещаются аналогично оползням выдавливания; расчет устойчивости при этом необходимо выполнять в соответствии с п.3.89.

В случаях наклона подошвы просадочной толщи в сторону падения склона оползни проседания смещаются подобно консеквентным оползням по кровле пород, подстилающих просадочные отложения. Определение коэффициента устойчивости при этом выполняется так же, как для консеквентных оползней скольжения.

3.93. Оценку устойчивости оползневого склона следует осуществлять последовательным выполнением оценки устойчивости крутых уступов и откосов, имеющихся на склоне; оценки устойчивости залегающих на склоне оползневых и делювиально-оползневых накоплений; оценки возможности нарушения устойчивости всего склона (с захватом несмещавшегося ранее массива пород) оползнями скольжения, выдавливания и проседания.

3.94. Оценка устойчивости крутых уступов (откосов) выполняется с учетом инженерно-геологических условий рассматриваемого склона применительно к возможности образования оползней скольжения, течения и выплывания в соответствии с требованиям пп. 3,88, 3.90, и 3.91. При этом для уступов, оцениваемых в отношении возможности оползней выплывания, должна выполняться дополнительная проверка возможности появления консеквентных и инсеквентных оползней с различной глубиной захвата массива пород.

3.95. Устойчивость имеющегося на склоне чехла оползневых и делювиально-оползневых накоплений следует оценивать, в соответствии с требованиями п. 3.88, применительно к возможности захвата их оползнями скольжения, подошва которых будет приурочена преимущественно к коренному ложу указанных накоплений. При этом следует рассматривать варианты смещения отдельных элементов чехла оползневых и делювиально-оползневых накоплений с выклиниванием поверхности скольжения у подошвы имеющихся на склоне уступов, а также возможность оползания все-

го чехла. В случае наличия водоносного горизонта в чехле оползневых и делювиально-оползневых накоплений требуется учитывать, что подошва обводненной зоны, как правило, совпадает с поверхностью их ложа.

3.96. Возможность захвата всего склона и примыкающей к нему прибровочной полосы крупными оползнями скольжения, выдавливания и проседания должна определяться, в соответствии с требованиям пп. 3,88, 3,89 и 3.92, по результатам вычисления коэффициента устойчивости для различных вариантов поверхности оползневого смещения, выбираемых с учетом имеющихся в грунтовом массиве (в том числе в коренных породах) поверхностей ослабления.

3,97. Для оценки устойчивости склонов при изысканиях под проектируемые объекты высокой капитальности допускается применение лабораторного моделирования и использование более сложных расчетных методов (метода конечных элементов и др.) преимущественно в целях определения возможности образования крупных оползней скольжения и выдавливания.

Моделирование оползневых процессов

3,98. Целью моделирования оползневых процессов является определение данных, необходимых для уточнения объема изыскательских работ, проведения расчетов устойчивости склонов, установления механизма подготовки и развития оползневого смещения, прогноза поведения склона после выполнения инженерных работ при его освоении.

3,99. В комплекс методов могут быть включены методы математического и физического моделирования. Для обеспечения подобия моделей натуре особенно важна верная схематизация геологических разрезов.

3,100. Методика лабораторных испытаний прочностных характеристик грунтов (в частности, сопротивления сдвигу) должна моделировать напряженно-деформированное состояние грунтов и учитывать предшествующие процессы – набухание, размокание, наличие подготовленных поверхностей скольжения и т.п.

3.101. Широкое распространение в пределах рассматриваемого региона легковыветривающихся глинистых грунтов вызывает необходимость проведения моделирования процесса выветривания для оценки скорости разрушения породы, изменения показателей ее прочности и скорости накопления обломочного материала на склоне.

3.102. При анализе возможности проявления и активизации оползней используется детерминированное и стохастическое моделирование. Детерминированные модели обычно исследуются методами физического моделирования. Выбор метода зависит от поставленной задачи.

3.103. Центробежное моделирование рационально применять для оценки устойчивости склонов и откосов при сравнительно однородном сложении и незначительных размерах с целью учета изменения профиля склона при подрезках и пригрузках, а также изменения влажности и напоров, возможности длительных процессов типа ползучести, анализа работы противооползневых сооружений.

3.104. Моделирование эквивалентными материалами рекомендуется выполнять для исследования устойчивости склонов со сложным напластованием пород, при наличии трещин, нарушений, разрывов сплошности, для изучения напряженного состояния склонов при изменении их конфигурации.

3.105. Моделирование методами фотоупругости и фотопластичности может проводиться с целью установления напряженного состояния склонов значительной протяженности и неоднородного по глубине сложения, когда возможно характеризовать условия склона на основе изучения плоского сечения.

3.106. Натурное моделирование с использованием природных объектов-аналогов позволяет на основе опыта длительных наблюдений за подобными (с точки зрения инженерно-геологической обстановки и построенных сооружений) участками склонов прогнозировать возможность проявления и развития оползневых смещений на вновь осваиваемых территориях.

3.107. Математическое моделирование осуществляется путем описания оползневых процессов системами уравнений, учитывающих математическую форму взаимосвязи влияющих на процесс факторов. Математическое моделирование на электрических (сплошных или сеточных) моделях может быть применено для решения задач, связанных с оценкой напряженного состояния склонов и воздействия фильтрационных потоков на их устойчивость.

Статистическое моделирование позволяет оценить влияние на прогнозируемый показатель многочисленных факторов с учетом особенностей многомерной корреляции между ними. С его помощью удается решение задачи оптимизации инженерно-геологических изысканий путем имитации влияния полученных данных на достоверность результата.

Инженерно-геологические основы выбора противооползневых мероприятий

3.108. Целью противооползневых мероприятий при хозяйственном освоении оползневых и оползнеопасных склонов является стабилизация существующих действующих оползней, а также предупреждение развития новых.

3.109. Противооползневые мероприятия должны быть направлены на устранение причин, вызывающих оползни. Причиной оползня (по И.В. Попову) следует считать тот фактор, без действия которого не создалось бы обстановки, позволившей возникнуть оползню. В прил. 6. приведены рекомендации по предупреждению и устранению главных причин оползнеобразования на Северном Кавказе.

3.110. Противооползневые мероприятия должны разрабатываться, как правило, в профилактических целях с учетом необходимости обеспечения долговременной устойчивости склонов, предназначенных для хозяйственного освоения, а также с учетом требований по охране окружающей природной среды. При этом должен быть применен оптимальный, т.е. экономически целесообразный, необходимый и достаточный комп-

лекс противооползневых защитных сооружений и мероприятий, обоснованный расчетами.

Рекомендуются следующие профилактические мероприятия:

запрещение подрезки и перегрузки склонов, нерегулированного водопользования, уничтожения растительности, прокладки в траншеях кабелей, трубопроводов и т.п.;

ограничение или полное запрещение распашки склонов, работы транспорта, механизмов – возбудителей сотрясений, производства взрывных работ и т.п.;

противооползневая защита склонов мероприятиями, перечисленными в гр. 3 прил. 6.

3.111. Противооползневые мероприятия рекомендуется назначать с учетом типа ожидаемого или существующего оползня, масштабности его проявления, оцениваемой по табл. 2 "Инструкции по проектированию и строительству противооползневых и противообвальных защитных сооружений" (СН 519-79), класса защищаемых объектов, социальных и экологических условий развития района будущего освоения.

3.112. При разработке противооползневых мероприятий к каждому оползневому или оползнеопасному склону следует подходить индивидуально, с учетом конкретных условий оползнеобразования на данном участке.

3.113. Состав исходных инженерно-геологических материалов для проектирования противооползневых защитных сооружений регламентирован требованиями СН 519-79.

Особенности камеральной обработки материалов инженерно-геологических изысканий

3.114. В подготовительный (предполевой) период по материалам прошлых лет (если они имеются) рекомендуется составить карту фактического материала, схематическую инженерно-геологическую карту или карту инженерно-геологического районирования, инженерно-геологические разрезы, каталог имеющихся выработок, результатов полевых и лабораторных работ и т.п.

3.115. В процессе полевых работ дополняется карта фактического материала; строятся инженерно-геологические колонки выработок с предварительным выделением инженерно-геологических элементов (ИГЭ), геолого-геофизические и инженерно-геологические разрезы; оформляется документация по изучению свойств грунтов полевыми и лабораторными методами, составляются вспомогательные карты и разрезы, отражающие и отрабатывающие "рабочую гипотезу" формирования оползней и инженерно-геологических условий с показом важных для проектирования и строительства элементов геологической среды (наличия ослабленных прослоев, поверхностей скольжения, зон выветривания, водоносных горизонтов и т.п.). Результаты этой оперативной обработки материалов используются с целью уточнения программы организации и проведения полевых и лабораторных работ, постоянного контроля за их качеством, уточнения границ ИГЭ.

3.116. На завершающем этапе камеральных работ составляется технический отчет об инженерно-геологических изысканиях, состав, содержание и объем которого определяются требованиями СНиП П-9-78, СН 519-79, нормативных документов по инженерным изысканиям для основных видов строительства, а также "Рекомендаций по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития оползней" (М., 1969).

3.117. В состав отчета входят текст, текстовые и графические приложения. В отчете должны быть отражены принципиальные вопросы, перечисленные в п. 1.18.

3.118. Основными графическими приложениями к отчету должны быть материалы общего характера и специальные.

К материалам общего характера относятся обзорная схематическая карта района изысканий; карты фактического материала, инженерно-геологических условий или инженерно-геологического районирования со сводной инженерно-геологической колонкой и инженерно-геологическими разрезами, составленными без искажения масштабов. При необходимости в отчет до-

полнительно включаются обзорные геологическая, гидрогеологическая и геоморфологическая карты (М 1:25 000 – 1 :10 000).

Специальные материалы подразделяются на частные и обобщающие. К частным относятся различные варианты гидрогеологической карты, карты современных геологических процессов, оказывающих влияние на развитие оползневого процесса; рельефа кровли несмещенных пород (или слабовыветрелых коренных отложений), мощности оползневых (или оползнеопасных) отложений; топографические планы повторных съемок; карты, отображающие результаты геофизических и других методов исследований. При необходимости составляются карты-срезы по кровле определенных стратиграфических горизонтов, а также карты-срезы на определенной глубине или гипсометрической отметке и т.п. К частным спецматериалам относятся также графики, отображающие результаты стационарных наблюдений, лабораторных и полевых исследований свойств грунтов, расчетные схемы по оценке устойчивости склонов и т.п.

К обобщающим спецматериалам относятся сводная крупномасштабная геолого-оползневая карта; схематическая карта пространственного прогноза развития оползней, карта-схема рекомендуемых противооползневых мероприятий, рационального использования и охраны геологической среды.

Сводная геолого-оползневая карта (М 1:2000 – 1:500) строится на геологической основе с показом важных для оползнеобразования элементов тектонических, геоморфологических и гидрогеологических условий. На карте должны быть указаны оползни в масштабном изображении, их типы, возраст и относительная активность; инженерно-геологические виды и разновидности пород, участвующих в оползневом процессе, и их мощность (лучше всего в виде изолиний равных мощностей); микрорельеф склона, деформации его поверхности, отдельные трещины на склоне и сооружениях, скорости смещения оползневых масс; районирование по оползнеобразующим факторам (допускается составление самостоятельной карты).

Для территорий с широким развитием оползней рекомендуется проводить построение карты прогноза развития по методу "оползневого потенциала".

Для оползнеопасных территорий, в пределах которых на момент обследования оползней нет, но не исключено их массовое развитие при хозяйственном освоении, прогнозирование должно вестись с учетом как природных, так и антропогенных факторов оползнеобразования.

Вероятность развития природно-антропогенных и антропогенных оползней на разных участках различна и определяется прежде всего различной восприимчивостью природных условий к антропогенному воздействию и интенсивностью самих антропогенных факторов.

Антропогенному воздействию обычно подвергаются склоны определенной крутизны и высоты; породы, слагающие наиболее вероятные зоны оползневого смещения; грунтовые воды с определенной глубиной залегания и уклоном поверхности; поверхности и зоны ослабления определенной конфигурации и др.

Восприимчивость каждого компонента природных условий можно установить на первом этапе с помощью экспертных балльных оценок. При этом должен соблюдаться принцип соизмеримости, в связи с чем вначале необходимо дать оценку характера и направления взаимосвязей между значащими факторами и только после этого приступать к ранжированию внутри самих значимых факторов. Суммарная оценка восприимчивости основных компонентов природной среды представляет собой потенциал оползневого процесса, и чем он выше, тем вероятнее сам процесс.

Содержание карты-схемы рекомендуемых противооползневых мероприятий, рационального использования и охраны геологической среды определяется ее названием. Не допускается выделение таксономических единиц по принципу "пригодности" или "непригодности" для строительства.

3.119. Текстовые приложения должны содержать копии заказа и технического задания на производство

изысканий, документов, обосновывающих необходимость изменения программы изысканий, инженерно-геологические колонки горных выработок, сводную таблицу обобщенных и расчетных значений показателей физико-механических свойств грунтов применительно к выделенным инженерно-геологическим элементам; систематизированные сводные ведомости результатов исследования минералогического и химического состава грунтов, а также химического состава поверхностных и подземных вод, данные о коррозионной активности грунтов, описание точек зондирования и т.п.

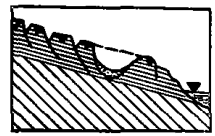


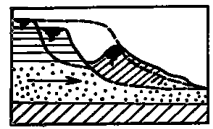
Зоны и районы распространения оползней на территории Северного Кавказа

1 – Ставропольская; 2 – Терско-Сунженская; 3 – Черногорская; 4 – зона Северо-Кавказской моноклинали; 5 – Минераловодская; 6 – зона Северо-Юрской депрессии и эскарпа Скалистого хребта; 7 – Кубанский; 8 – Кумский; 9 – Терский

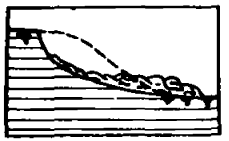
Приложение 1

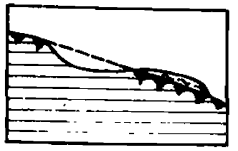
Классификационная схема оползней Северного Кавказа

Тип и подтип оползней	Особенности механизма оползневого процесса	Схема	Основной деформирующийся горизонт (ОДГ)	Характер поверхности оползневого смещения	Глубина распространения деформаций; размеры оползня в плане	Форма в плане	Примеры
Скольжения							
Срезающие (скалывающие) – асеквентные, инсеквентные	Скольжение по ослабленным поверхностям, переходящее в срез (скалывание) блоков жестких однородных или слоистых пород, залегающих несогласно с направлением и крутизной склонов и деформирующихся вследствие регрессивного изменения напряженного состояния и "мгновенной" потери прочности		Глинистые, песчано-(карбонатно)-глинистые породы преимущественно твердой и полутвердой консистенции, средней и высокой степени уплотнения и литификации	Выражена четко. Криволинейная, приближается к круглоцилиндрической	5–20 м и более; 2500–100 000 м^2	Преимущественно циркообразная и глетчеровидная крупноступенчатая	Оползни на левом берегу р. Кубани в р-не г. Черкесска, в г. Ставрополе, на Воровсколесских высотах
Соскальзывающие – консеквентные	Соскальзывание по ослабленным поверхностям (трещинам, контактам) пакетов, пачек, блоков и массивов однородных или слоистых пород, залегающих согласно с		Пластичные глинистые прослои слабой и средней степени уплотнения и литификации	Выражена четко. Чаще всего плоская	3–5 м, иногда 20 м и более; 2500–50 000 м^2	Угловатых очертаний, лабиринтовая	Оползни в Бенойском р-не Черных гор, на склонах гор-лакколитов КМВ

	направлением и крутизной склонов и деформирующихся вследствие регрессивного изменения напряженного состояния, увлажнения и размягчения контактов слоев						
Выдавливания	Скол, оседание и смещение крупных блоков жестких однородных или слоистых пород вследствие вязкопластическог течения подстилающего относительно слабого пласта и его выдавливания под весом вышележащих отложений		Глинистые породы пластичной и полутвердой консистенции, слабой и средней степени уплотнения и литификации, залегающие в склоне или его основании	Выражена нечетко. Смещение происходит во всем объеме ОДГ	20–35 м и более; 10 000–200 000 м^2	Фронтальная, циркообразная, крупноступенчатая в верхней части	Григополисский оползень на р. Кубани, на р. Уруп в р-не Урупского аула
Выплывания	Смещение блоков однородных или слоистых пород перекрывающей толщи вследствие суффозии-выплывания песчаных и пылеватых отложений при высоких гидравлических градиентах, а также выноса водорастворимых солей		Водонасыщенные пылеватые и песчаные грунты, находящиеся в текучем состоянии, а также проницаемые породы, засоленные водорастворимыми солями, залегающие в склоне или его основании	Не выражена. Смещение происходит во всем объеме ОДГ	3–30 м; 10 000–300 000 м^2	Фронтальная, крупноступенчатая в верхней части	Оползни на склонах Бешпагирских, Прикалаусских, Грачевских высот; оползни в г. Ставрополе

Продолжение прил. 1

Тип и подтип оползней	Особенности механизма оползневого процесса	Схема	Основной деформирующийся горизонт (ОДГ)	Характер поверхности оползневого смещения	Глубина распространения деформаций; размеры оползня в плане	Форма в плане	Примеры
Течения							
Пластические	Медленное пластическое течение всей толщи однородных или слоистых глинистых пород или ее нижней части с одновременным сколом и смещением вышележащих пород вследствие регрессивного изменения реологических свойств при увлажнении		Глинистые отложения пластичной или полутвердой консистенции слабой и средней степени уплотнения и литификации, слагающие всю толщу оползневых накоплений или ее нижнюю часть	Выражена нечетко. Смещение происходит во всем объеме ОДГ	5–10 м, иногда до 50 м; 2500–100000 м^2	Волнистая, иногда трещиноватая	Оползни на автодороге Хадыженск-Горячий Ключ, на склонах Сенгилеевской котловины, в р-не г. Малгобека
Оползни-потоки	Преимущественно быстрое вязкопластическое течение всей массы рыхлых поверхностных песчано-глинистых, пылеватых и глинистых, иногда с примесью грубообломочных отложений вследствие резкого снижения их прочности при увлажнении		Рыхлые водонасыщенные глинистые, пылеватые и песчано-глинистые отложения, слагающие всю толщу оползневых накоплений	Выражена четко. Форма предопределена рельефом кровли несмещенных пород	3–40 м и более; 2500–50000 м^2	Премущественно глетчеровидная, бугристая, трещиноватая	Оползни на склонах Невинномысских и Воровсколесских высот, Ачалукский оползень

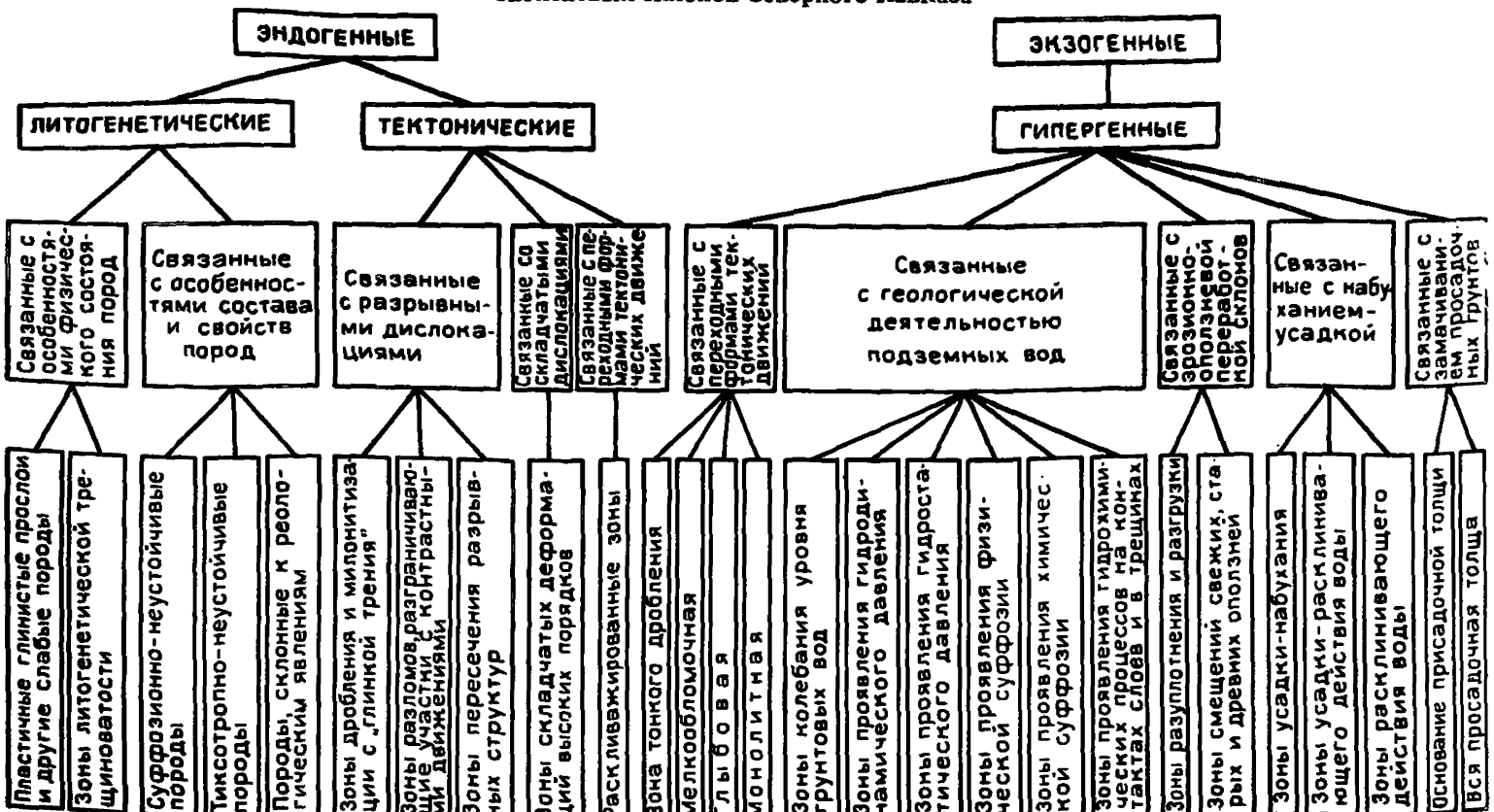
Оползни-оплывины	Быстрое вязкое течение почв и грунтов деятельного слоя, представленного глинистыми, пылеватыми, песчано-глинистыми и щебеночными отложениями с глинистым заполнителем, происходящее в виде разовой подвижки вследствие резкого снижения прочности при избыточном увлажнении (разжижении) и высоких гидравлических градиентах		Рыхлые водонасыщенные глинистые, пылевато-глинистые, песчано-глинистые и щебеночные отложения с глинистым заполнителем, слагающие всю толщу оползневых накоплений	Обычно совпадает с подошвой деятельного слоя или геологическими контактами пород	До 3 м; до 500 м^2	Эллипсоидальная, каплевидная, неправильная мелкобугристая, натечная с частыми мелкими трещинами	На склонах Старомарьевских высот в окрестностях г. Ставрополя
Просе-дания	Скол, проседание с одновременным смещением блоков "сухих" лессовых пород вследствие лавинной потери прочности в нижней части "замоченной" просадочной толщи		Нижняя часть просадочных лессовых пород, переходящих в текучее состояние при увлажнении	Выражена четко. В голове оползня вертикальная, в остальной части определяется рельефом кровли несмещенных	5–25 м; 2500–10 000 м^2	Циркообразная, реже фронтальная, крупноступенчатая, трещиноватая в голове оползня	Оползни на склонах Терского хребта в р-не пос. Горагорского, Темижбекский оползень на р. Кубани
Сложные	Сложное сочетание и переход одних типов оползней в другие. Наиболее характерны оползни скольжения, выдавливания, выплывания, проседания, переходящие в потоки		Преимущественно пластичные глинистые и песчано-глинистые породы слабой и средней степени уплотнения и литификации	Сложная, криволинейная, ломаная	От 3–5 м до 40–60 м и более; 5000–300000 м^2 и более	Чаще всего циркообразная и глетчеровидная	Южный склон эскарпа Скалистого хребта, склоны г. Стрижамент (Ставропольская возвышенность), Заманкульские оползни Терско-Сунженской зоны

Приложение 2

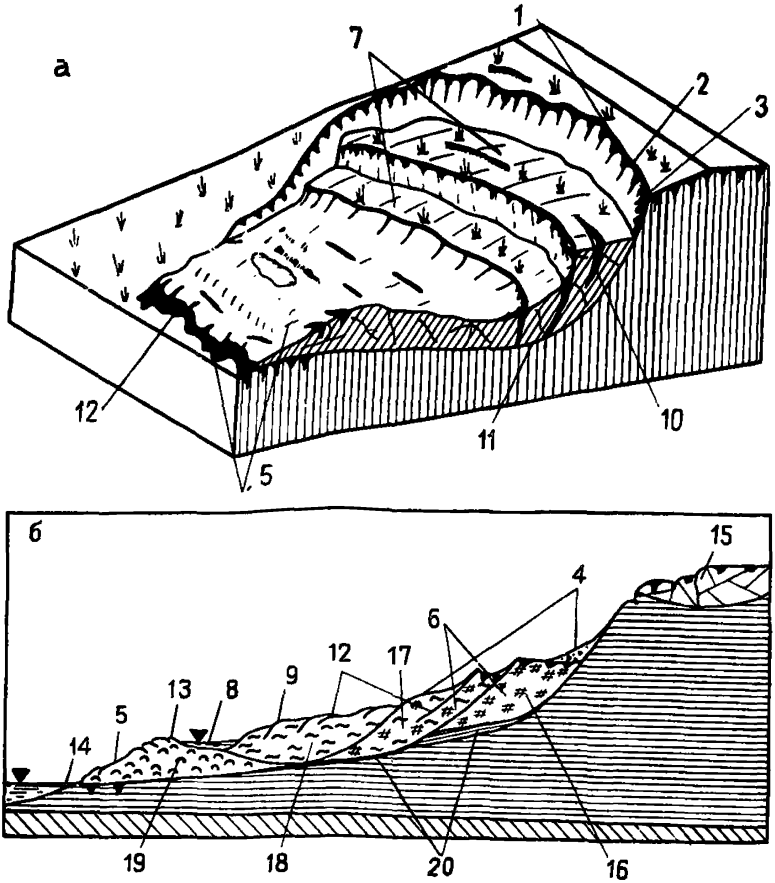
Генетические типы поверхностей ослабления в глинистых породах оползневых склонов Северного Кавказа

Приложение 3

Генетические типы зон ослабления в глинистых породах оползневых склонов Северного Кавказа



Морфологические элементы оползней и фаций оползневых накоплений



а – морфологические элементы оползней; б – фации оползневых накоплений; 1 – оползневой цирк; 2 – – бровка срыва; 3 – стенка срыва; 4 – голова оползня; 5 – язык оползня; 6 – оползневой блок; 7 – оползневая ступень; 8 – оползневая западина; 9 – оползневой бугор; 10 – оползневая трещина; 11 – поверхность или зона оползневого смещения; 12 – зеркала скольжения; 13 – вал выпирания; 14 – базис оползня; 15 – фация смещенных массивов dP_mQ; 16 – фация раздробленных пачек и блоков dP_bQ; 17 – смешанная фация dP_xQ; 18 – фация оползней-сплывов и потоков (деляпсивная – dP_sQ); 19 – фация зон выдавливания (детрузивная – dP_tQ); 20 – фация зоны оползневого смещения (перемятия и раздавливания – dP_rQ)

Геофизические методы исследования оползневых склонов

Задачи изысканий	Рекомендуемые методы
Картирование оползней, расчленение геологического разреза, в том числе и оползневых накоплений разных фаций; установление мощности сильно выветрелой зоны и оползневых накоплений; картирование рельефа кровли несмещенных, в том числе и коренных пород	ВЭЗ; ЭП (симметричное и несимметричное); КМПВ (продольное и непродольное сейсмопрофилирование); сейсмическое зондирование в отдельных точках; скважинные каротажные (ГК, ГГК, КС, БКЗ)
Картирование зон тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости коренных пород высокой степени уплотнения и литификации	ВЭЗ МДС (методом двух составляющих); КВЭЗ; КС; сейсмоакустические, эманационная и газовая съемки
Установление поверхностей и зон ослабления в массиве пород: прослоев мягко- и текучепластичных грунтов, зон перемятия ОДГ, поверхностей смещения и т.п.	Симметричное ЭП; ГК; сейсмоакустические
Изучение гидрогеологических условий склона:	
установление положения УГВ	ВЭЗ; КМПВ
установление мощности водоносного горизонта или обводненных пород	ВЭЗ, резистивиметрия, термометрия

Задачи изысканий	Рекомендуемые методы
установление направления и формы фильтрационного потока, а также зон повышенной инфильтрации и очаговой разгрузки подземных вод	ЕП; МЗ; термометрия на поверхности; симметричное ЭП в условиях однородного геологического строения
определение коэффициента фильтрации	Повторная резистивиметрия; МЗ; расходометрия
определение минерализации и температуры подземных вод	Резистивиметрия; термометрия
Определение физико-механических свойств грунтов	Сейсмоакустические; каротажные; ГГК; ННК; термокаротаж
Определение коррозионной активности грунтов и интенсивности блуждающих потоков	ВЭЗ; ВП; симметричное ЭП; ЕП
Режимные наблюдения:	
за изменением напряженного состояния склона	Электро- и сейсморазведка (периодические наблюдения за изменением удельного электрического сопротивления и сейсмических свойств грунтов)
за динамикой оползневого процесса	Магнитные и электрические реперы; геоакустический

Рекомендации по предупреждению и устранению главных причин оползнеобразования на Северном Кавказе

Причины образования оползней	Основные процессы, подготавливающие оползни	Противооползневые мероприятия
	Естественные (природные)	
Увеличение высоты и крутизны склонов (откосов) до значений, превышающих критические в данных условиях	Современные тектонические движения	Изменение рельефа склона (откоса): уположение, терасирование и общая планировка, разгрузка, удаление и замена неустойчивых грунтов; поддерживающие сооружения: контрбанкеты, контрфорсы, подпорные стены, свайные конструкции, анкерные крепления
	Русловая эрозия	Изменение конфигурации русел водотоков и снижение их энергии: спрямление или отвод русел, струенаправляющие устройства, лотки, быстротоки, водобойные ступени и т.п.; защитные покрытия берегов водотоков: набережные, мощение, каменная наброска, фашинные тюфяки и т.п.
	Абразия	Изменение конфигурации берегов водоемов и снижение энергии волн: волноотбойные стенки, подводные волноломы, буны, намыв пляжа; защитные покрытия берегов водое-

Причины образования оползней	Основные процессы, подготавливающие оползни	Противооползневые мероприятия
		мов: набережные, мощение, каменная наброска, наброска тетраподов и т.п.
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 оползней: ограждающие, контрфорсные и другие дренажи
Воздействие гидростатического давления	Трещинообразование, изменение напряженного состояния пород в результате их водонасыщения	Дренирование трещин и понижений рельефа – водосборов с устройством довыпусков; 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 уположение, террасирование, планировка, разгрузка и т.п.; поддерживающие сооружения: контрбанкеты, контрфорсы, подпорные стены, свайные конструкции и т.п.
Разупрочнение пород	Выветривание (включая результаты воздействия попе-	Регулирование поверхностного стока: микропланировка, срезка и удаление рыхлых оползневых масс,

Причины образования оползней	Основные процессы, подготавливающие оползни	Противооползневые мероприятия
	ременного увлажнения и высыхания, сопровождающихся набуханием и усадкой)	тампонаж трещин, устройство лотков, кюветов, канав и т.п.; комплексная агролесомелиорация: посадка деревьев и кустарников в комбинации с посевом дернообразующих трав; защитные покрытия поверхности: торкрет-бетоном, набрызг-бетоном, аэроцемом, асфальтобетоном, шлакоглинобетоном и т.п.
	Увлажнение пород поверхностными (атмосферными) и подземными водами	Организация поверхностного стока: планировка поверхности, устройство нагорных канав, лотков и т.п.; дренирование и отвод воды за пределы оползней: ограждающие дренажи: дренажно-вентилящионные системы, каптаж и отвод выходов подземных вод; устройство противофильтрационных завес путем цементации, силикатизации, битуминизации сооружения, глиняных экранов; искусственное улучшение физико-механических свойств грунтов путем обжига, прогревания, электродренажа, электрохимического закрепления и т.п.

Причины образования оползней	Основные процессы, подготавливающие оползни	Противооползневые мероприятия
	Химическая и физическая суффозия	Дренирование и отвод подземных вод за пределы оползней: ограждающие дренажи, комбинированные завесно-поглощающие дренажи и т.п.; устройство противофильтрационных завес и экранов; химическое закрепление грунтов
Искусственные (антропогенные)		Те же, что и при ликвидации аналогичных естественных причин образования оползней

Содержание

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	4
Распространение, типы оползней и особенности их формирования на территории Северного Кавказа	4
Принципиальные вопросы инженерно-геологических изысканий для строительства на оползневых склонах Северного Кавказа	7
Планирование, организация и проведение инженерно-геологических изысканий	10
2. Особенности инженерно-геологических изысканий в оползневых районах Северного Кавказа для основных видов строительства	12
Гражданское и промышленное строительство	12
Оросительные гидромелиоративные системы	13
Автомобильные и железные дороги	14
3. Проведение основных видов инженерно-геологических работ	16
Маршрутные наблюдения	16
Размещение, проходка, документация и опробование горных выработок	17
Особенности геофизических исследований	2.
Полевые и лабораторные исследования глинистых грунтов	22
Опытно-фильтрационные работы	28
Стационарные гидрогеологические наблюдения за режимом подземных вод	30
Стационарные наблюдения за оползневыми подвижками	31
Стационарные наблюдения за напряжениями в массиве склона	3
Прогноз оползневых процессов	3(
Расчет устойчивости оползневых склонов и откосов	41
Моделирование оползневых процессов	46
Инженерно-геологические основы выбора противооползневых мероприятий	48

Стр.

Особенности камеральной обработки материалов инженерно-геологических изысканий 49

Приложение 1. Классификационная схема оползней Северного Кавказа 54

Приложение 2. Генетические типы поверхностей ослабления в глинистых породах оползневых склонов Северного Кавказа 58

Приложение 3. Генетические типы зон ослабления в глинистых породах оползневых склонов Северного Кавказа 59

Приложение 4. Морфологические элементы оползней и фаций оползневых накоплений 60

Приложение 5. Геофизические методы исследования оползневых склонов 61

Приложение 6. Рекомендации по предупреждению и устранению главных причин оползнеобразования на Северном Кавказе 63

ПНИИИС Госстроя СССР

Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям на оползневых склонах Северного Кавказа с целью их хозяйственного освоения

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Г.А. Жигачева
Редактор Е.А. Волкова
Мл. редактор А.Н. Ненашева
Внешнее оформление художника В.К. Чиркова
Технический редактор Р.Я. Лаврентьева
Корректор В.И. Галюзова

Н/К

Подписано в печать 17.05.83 Т-13286. Набор машинописный
Печать офсетная Бумага офсетная 80 г/м^2 Усл.печ.л. 3,57
Усл. кр. отт. 3,76 Уч.-изд.л. 3,30, 3000 экз. Изд.№XII-70.
Зак. № 6376 Цена 15 коп.

Стройиздат 101442, Москва, Каляевская, 23а
Ф-ка «Картолитография», ул. Зорге, 15

gost.e-ecolog.ru