ПНИИИС ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО
ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ НА ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНАХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

МОСКВА 1978

gost.e-ecolog.ru

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

РУКОВОДСТВО
ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ НА ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНАХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1978

УДК 624.131.3(477.75:210.5)

Рекомендовано отделом инженерно-геологических процессов ПНИИИС.

Руководство по инженерно-геологическим изысканиям на оползневых склонах Южного берега Крыма. М., Стройиздат, 1978. 74 с. (Произв. и науч.-исслед. ин-т по инж. изысканиям в стр-ве ПНИИИС Госстроя СССР).

В основу Руководства положены результаты исследований ПНИИИС по теме «Инженерно-геологический анализ и оценка эффективности противооползневых мероприятий в типичных оползневых районах ЮБК», вскрывшие существенные недостатки в проведении изыскательских работ в данном регионе и позволивших выявить специфические особенности развивающихся здесь оползневых процессов.

Руководство содержит краткие сведения о природных условиях Южного берега Крыма, анализ основных недостатков изыскательских работ, основные вопросы, на которые рекомендуется обращать особое внимание при проведении изысканий, рекомендации по общей постановке изысканий, способствующие их усовершенствованию, рекомендации по проведению отдельных видов изыскательских работ.

Предназначено для инженерно-технических работников проектных и инженерно-изыскательских организаций.

Табл. 5

Р $\frac{30213\ 381}{047(01)-78}$ Инструкт.-нормат., II вып. — 16—78

© Стройиздат, 1978

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее Руководство разработано институтом ПНИИИС Госстроя СССР как дополнение к «Рекомендациям по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития оползней» (ПНИИИС, Фундаментпроект, М., 1969).

Необходимость разработки Руководства возникла в связи с большими объемами инженерных изысканий, вызванных расширяющимся интенсивным освоением чрезвычайно сложных в инженерно-геологическом отношении, нередко считавшихся малопригодными для строительства оползневых склонов Южного берега Крыма (ЮБК), наличием серьезных недостатков в проведении изыскательских работ и отсутствием нормативно-методических документов, регламентирующих изыскания в специфических природных условиях данного региона.

Задачей Руководства является повышение уровня инженерно-геологических изысканий с целью обеспечения качественных исходных данных, необходимых для принятия технически правильных и экономически наиболее целесообразных решений при проектировании.

При проведении изысканий в данном регионе необходимо пользоваться в качестве основных документов «Рекомендациями по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития оползней» (ПНИИИС, Фундаментпроект, 1969), «Руководством по инженерно-геологическим изысканиям в оползневых районах» (Фундаментпроект, Стройиздат, 1966), главой СНиП II-А.13-69 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения», а также соответствующими инструкциями, руководствами и методическими пособиями по проведению отдельных видов изыскательских работ.

Настоящее Руководство представляет собой дополнение к указанным документам, отражая особенности отдельных видов работ применительно к специфике природных условий ЮБК.

Большинство положений настоящего Руководства могут быть использованы при проведении изысканий и в других горных регионах с широким развитием оползней.

В разработке Руководства принимали участие канд. геолого-минерал. наук М. К. Рзаева (разд. 1, 2А, Б, Ж, Л, М, а также уточнения и добавления к разделам 2В—Е, Л), д-р геолого-минерал. наук И. Я. Пантелеева и канд. геолого-минерал. наук В. Н. Кожевникова (разд. 2Д, Е), канд. геолого-минерал. наук И. Г. Коробанова и инж. З. И. Эппель (разд. 2Г), кандидаты геолого-минерал. наук А. Н. Боголюбов, Ю. И. Баулин, инженеры Д. В. Квятковский (Фундаментпроект), В. А. Шемшурин и канд. геолого-минерал. наук А. Д. Жигалин (разд. 2В), М. Н. Костяницын (разд. 2З), канд. геолого-минерал. наук Г. З. Блохман (разд. 2И), инженеры О. Н. Ларичев (разд. 2Л), Р. И. Цибина (разд. 2М).

Общее руководство работами и общее научное редактирование Руководства выполнено канд. геолого-минерал. наук М. К. Рзаевой.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

А. СПЕЦИФИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕЙ НА ЮБК

1.1. ЮБК характеризуется широким развитием пород мезозойского терригенного флиша (таврической серии и средней юры), представленных переслаиванием аргиллитов, алевролитов и песчаников, обычно слагающих среднюю и нижнюю части южнобережного склона, и пород терригенно-карбонатного комплекса верхней юры, слагающих верхнюю часть склона. Кроме того, терригенно-карбонатные отложения спорного возраста и генезиса (массандровские? или верхнеюрские?) протягиваются от подножья яйлинского обрыва к морю в виде полос шириной до 2 км.

1.2. Структурно-тектонический фон развития оползней на ЮБК характеризуется наличием большого количества складчато-блоковых структур разных порядков, а также разновозрастных и разнонаправленных разрывных тектонических нарушений.

1.3. Флишевые породы таврической серии характеризуются весьма интенсивной дислоцированностью, а в пределах зон разрывных тектонических нарушений — интенсивной трещиноватостью, раздробленностью, иногда милонитизацией, наличием многочисленных крутопадающих плоских поверхностей скольжения, нередко покрытых тонкой пленкой мягкопластичных глин.

Для отложений средней юры характерна меньшая степень дислоцированности и чередование участков дробления и интенсивного перемятия пород (вдоль зон разрывных тектонических нарушений) с участками довольно спокойного залегания слоев сравнительно мало нарушенных пород.

1.4. Породы флишевой толщи, особенно таврической серии, испытавшие ранее огромное тектоническое и гравитационное давление, подвергаются на склоне энергичным процессам разгрузки и выветривания (на глубину до 50 м и более). Выветриванию наиболее подвержены аргиллиты, среди которых прослеживается целый ряд различных по степени выветрелости литологических типов с весьма сложным, зависящим от многих факторов, распределением в склоне.

1.5. В результате выветривания в флишевой толще образуются прослои очень слабых пород — сильно выветрелых и разуплотненных тонкочешуйчатых, «глинизированных» аргиллитов (и даже глин), прочность которых в водонасыщенном состоянии еще более снижается при вибрации.

В случае падения прослоев таких пород в сторону ската склона (а при характерной для ЮБК сложной системе пликативных и разрывных дислокаций разных порядков и направлений, переменном по отношению к осям складок направлении береговой линии и различно ориентированных эрозионных врезах нередки такие сочетания этих условий, когда направление падения слоев слабых пород совпадает со скатом склона) они являются фактическими и потенциально возможными зонами оползневого скольжения, отчленяющими подготовленный к смещению массив горных пород от коренного склона.

1.6. Неотектоническая обстановка на ЮБК характеризуется сложными дифференцированными вертикальными движениями земной коры при общем поднятии Главной гряды Крымских гор и опускании материковой отмели и нижней части склона (скорость опу-

скания у берегов Ялты составляет 1,1 мм/год, у Алушты—1,4 мм/год), что обусловливает большую крутизну южнобережного склона и высокую интенсивность протекающих на нем экзогеодинамических (в частности, оползневых) процессов. Помимо того, вдоль береговой линии происходят дифференцированные движения поперечных (относительно простирания Главной гряды) тектонических блоков. Поскольку для участков относительных поднятий и относительных опусканий интенсивность и направленность склоновых процессов различны, то при инженерно-геологическом анализе природных условий развития оползневых процессов учет особенностей вертикальных движений земной коры на исследуемом участке побережья является обязательным.

1.7. ЮБК характеризуется высокой сейсмической активностью, которая составляет в среднем 8 баллов, но местами может быть повышена или понижена на 1—2 балла. Землетрясения, приводящие к разрушению структурных связей в породах и к возникновению в склоне дополнительных сдвигающих усилий, являются одним из факторов оползнеобразования. Причем сейсмическое воздействие на оползневый склон носит кумулятивный характер и зависит от степени подготовки склона к смещению воздействием других факторов. Особенно сильно сказываются землетрясения на устойчивости склонов, в строении которых участвуют выветрелые тонкочешуйчатые аргиллиты, в связи с резким снижением их прочности при вибрации.

1.8. Морская абразия является одним из существенных факторов оползнеобразования на ЮБК, вызывая ухудшение напряженного состояния на береговых склонах и формирование на них оползневых процессов. Но значение ее различно для оползней разных типов, размеров (длины), формы, разного строения оползневой толщи и т. д. Она является основным фактором развития небольших прибрежных «абразионных» оползней, но для крупных оползневых систем существенное значение имеет лишь для их нижних, приморских ступеней (структурно-тектонических элементов), находящихся в зоне непосредственного воздействия волноприбоя. На развитие оползней-«потоков» и сплывов она практически не влияет.

1.9. На склонах ЮБК выше уреза моря практически отсутствуют морские террасы четвертичного возраста, что чрезвычайно затрудняет стратиграфо-генетическое расчленение толщи склоновых отложений. В то же время ниже уреза моря прослеживаются залегающие на разных уровнях горизонты погребенных пляжевых накоплений, изучение которых может дать ключ к такому расчленению.

1.10. В рельефе дневной поверхности склона и поверхности коренных флишевых пород прослеживаются крупные вытянутые сверху вниз по склону депрессии — ложбины со ступенчатым продольным профилем (чередование довольно широких, полого наклоненных к морю ступеней и высоких крутых уступов).

Эти ложбины приурочены к поперечным разрывным нарушениям, сформированы комплексным воздействием на склон тектонических, эрозионных и оползневых процессов и представляют собой сложные оползневые системы. Ступенчатость профиля дневной поверхности склона и поверхности коренных пород обусловлена наличием продольных разрывных нарушений.

1.11. Депрессии в поверхности коренных пород заполнены мощной толщей рыхлых склоновых глинисто-суглинистых накоплений сложного (комплексного) генезиса, формирование которых тесно связано с характером неотектонических движений, изменениями климата

и положения уровня Черного моря в четвертичное время. В нижней части склона в пределах структур погружения мощность этих пород достигает многих десятков метров (50—100 м), причем в их толще прослеживается несколько перекрывающих друг друга возрастных генераций оползневых накоплений.

Строение толщи оползневых накоплений обычно очень сложное. Для средней части склона нередко характерен двух- или трехслойный разрез оползневой толщи, в составе которой сверху вниз выделяются:

желто-бурые известковистые суглинки с включением обломков карбонатных и флишевых пород; на участках, где оползневой склон изолирован от яйлинского плато глубокими эрозионными врезами, этот слой отсутствует и верхняя часть разреза представлена бурыми (за счет ожелезнения) глинами и суглинками с включениями обломков лишь флишевых пород;

темно-серые суглинки и глины с включением обломков флишевых пород;

смещенные блоки, пакеты и пачки флишевых пород с заполнением промежутков между блоками неотсортированным суглинисто-щебнистым материалом, образовавшимся за счет разрушения и перетирания этих же пород.

В толще суглинков и глин на разных уровнях прослеживаются прослои и линзы грубообломочного материала. На контакте с этими прослоями, в пределах которых породы, как правило, водонасыщены, вмещающие их глинисто-суглинистые породы обычно имеют мягко- и текучепластичную консистенцию и представляют собой зоны ослабления склона — фактические и потенциально возможные зоны оползневого смещения. Одна из таких зон ослабления обычно приурочена к контакту слоя рыхлых суглинистых накоплений с нижележащим слоем смещенных блоков флишевых пород.

Встречаются случаи, когда оползневая толща содержит несколько горизонтов смещенных блоков флишевых пород, когда она состоит только из смещенных блоков или же только из «рыхлых» глинисто-суглинистых образований.

1.12. Гидрогеологические условия оползневых склонов ЮБК характеризуются наличием трещинных вод в флишевой толще (в пределах зоны выветривания и зон тектонического дробления) и вод в «рыхлых» склоновых накоплениях.

Пестрый литологический состав толщи склоновых накоплений и, в частности, наличие в них обогащенных грубообломочным материалом прослоев обусловливает неоднородность фильтрационных свойств и своеобразный характер обводнения этой толщи, когда основное количество воды движется по прослоям грубообломочных пород. Но поскольку эти прослои, как правило, связаны между собой, то фильтрующиеся сквозь оползневую толщу подземные воды нередко образуют единую гидравлически связанную систему и оказывают на оползневую толщу гидродинамическое и гидростатическое давление, существенно снижающее коэффициент устойчивости оползневых склонов.

В питании оползней водой огромную роль играют прослеживаемые в верхней части склона древние эрозионные ложбины, обычно выполненные хорошо фильтрующим материалом (древние пролювиальные конусы выноса), по которым в оползневое тело поступают трещинно-карстовые воды верхнеюрских известняков и воды из гравитационных накоплений, прослеживаемых у подножья яйлинского обрыва.

Местоположение ложбин подземного стока из-за характерного для ЮБК явления инверсии рельефа может не соответствовать современным понижениям в дневной поверхности склона.

Оползневые процессы на ЮБК тесно связаны с зонами разрывных тектонических нарушений — поперечных или продольных к общему простиранию Главной гряды. Приуроченность к зонам разрывных нарушений обусловливает значительную обводненность оползневых накоплений и коренных пород и особенности распределения подземных вод в склоне.

Для толщи оползневых накоплений характерны приуроченность путей движения подземных вод к прослоям щебнисто-глыбового материала и прослоям, слагающим смещенные блоки трещиноватых песчаников и алевролитов, а также наличие участков подземных вод с затрудненным стоком.

Химический состав подземных вод оползневых склонов ЮБК весьма пестрый и изменяется по площади и по глубине. Вблизи зон разрывных тектонических нарушений нередко наблюдается повышенная минерализация (до 8 г/л), резкое преобладание (до 90—99%) в составе катионов щелочей и содовый характер вод, что приводит к снижению прочности водовмещающих пород.

1.13. Оползни ЮБК при всем их многообразии можно разделить на две основные группы: сравнительно простые «моногенные» оползни относительно небольших размеров и весьма сложные полигенные многофакторные оползни огромных размеров (протяженностью до 2—2,5 км, площадью до 1 км^2), представляющие собой целые оползневые системы.

«Моногенные» оползни развиваются в результате резко выраженного превалирующего воздействия какого-нибудь одного фактора — абразии, эрозии, искусственной подсечки склона, его обводнения и др. при подчиненной роли других факторов.

Полигенные оползни развиваются в результате комплексного воздействия на склон многих факторов, сложно переплетающихся между собой в пространстве и во времени.

1.14. Основными природными факторами оползнеобразования на ЮБК являются: деятельность подземных вод (они оказывают на породы склона гидростатическое и гидродинамическое давление, а также приводят к уменьшению прочности пород вследствие увлажнения и выщелачивания); воздействие моря (абразия, динамическое воздействие на склон штормового волнения); речная и овражная эрозия; землетрясения; интенсивно протекающие на склоне процессы разгрузки и выветривания флишевых пород, приводящие к образованию в склоне (в том числе на больших глубинах) весьма слабых пород — мелкочешуйчатых аргиллитов, способных при вибрации (сейсмического происхождения или же искусственной) переходить в текучее состояние.

Оползневым процессам благоприятствуют современные тектонические движения, поддерживающие общую большую крутизну склона, создающие в нем участки ослабленных, раздробленных пород и участки повышенных напряжений и обусловливающие интенсивное протекание на склоне различных экзогеодинамических процессов.

Для многих факторов оползнеобразования характерны: одновременность воздействия с другими факторами, кумулятивный эффект воздействия, запаздывание реализации воздействия во времени и различие относительной роли каждого фактора в зависимости от того,

на какой стадии развития находится оползень и какое значение приобретают другие одновременно с ним воздействующие факторы.

Роль отдельных факторов (как, например, воздействия подземных вод) при этом завуалирована и проявляется нечетко.

1.15. Развитию оползней также способствует инженерно-хозяйственная деятельность человека, а именно: искусственное обводнение пород; искусственные пригрузки или подсечки склонов, приводящие к локальным перенапряжениям на склонах, находящихся в состоянии предельного равновесия; обнажение коренных пород при подсечках склонов, приводящее к усилению выветривания пород; сотрясения, создаваемые движущимся транспортом, работой механизмов и взрывами.

1.16. Для полигенных оползней, представляющих собой сложные оползневые системы, характерны:

тесная их связь с зонами разрывных тектонических нарушений и с характером неотектонических движений;

крупная в плане, своеобразная, порой причудливая конфигурация;

большая мощность и чрезвычайно сложное (но закономерное) строение толщи оползневых накоплений;

приуроченность к огромным депрессиям в кровле коренных флишевых пород;

унаследованность оползневого процесса;

цикличность оползневого процесса и пребывание в настоящее время отдельных оползней на разных стадиях развития оползневого цикла;

трудная распознаваемость на застроенных территориях оползней, находящихся в стадии подготовки основного смещения (в связи с чем оползневые территории нередко принимаются за неоползневые);

многослойность смещения, обусловленная наличием в разрезе оползневой толщи нескольких зон ослабления;

наличие в пределах оползней первого порядка смещений второго и более высоких порядков (в частности, оползней срезания и скольжения с местным базисом, оползней течения и сплывов на участках переувлажнения и др.).

1.17. Механизм смещения на отдельных участках крупных оползней ЮБК в значительной степени предопределяется структурно-тектоническими особенностями пород таврического и среднеюрского флиша, степенью их выветрелости, стадией развития современного оползневого цикла, положением смещающегося массива относительно границ оползня первого порядка, пространственным сочетанием поверхности склона с зонами ослабления и с поверхностями напластования пород и целым рядом других факторов.

Чаще всего на ЮБК встречаются оползни следующих инженерно-геологических типов: срезания, скольжения, течения, глубинной ползучести, оплывины, причем «чистые» типы характерны в основном для сравнительно небольших «моногенных» оползней, для крупных же и сложных оползневых систем характерна комбинация различных типов смещения.

1.18. На стадии подготовки основного смещения в пределах каждого крупного оползня выделяются чередующиеся по падению склона две группы участков, отличающиеся по степени активности:

а) пассивные — с пологим (2—6°) уклоном поверхности подстилающих пород и незначительными (до 1—5 см/год) скоростями сме-

щения. Это участки крупных оползневых ступеней, обычно совпадающие со структурно-тектоническими блоками;

б) активные — с крутым (15—25°) уклоном оползневого ложа и значительно более высокими скоростями смещения, достигающими несколько десятков см/год. Это участки сочленения отдельных тектонических блоков (крупных оползневых ступеней), характеризующиеся наличием уступа также в рельефе поверхности коренных пород.

Наибольшие деформации зданий и сооружений приурочены к участкам перегибов рельефа оползневого ложа, где возникают деформации сжатия или растяжения, а также к участкам сочленения отдельных тектонических блоков. На участках со сравнительно выдержанными уклонами оползневого ложа деформации незначительны или же вовсе отсутствуют.

Б. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗЫСКАНИЙ НА ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНАХ ЮБК

1.19. Главной задачей инженерно-геологических изысканий на оползневых склонах ЮБК, как и в других оползневых районах, является определение степени устойчивости склона (общей и локальной) и прогноз его дальнейшего поведения (определение стадии и фазы развития действующих активных оползней, возможности активизации старых или же возникновения новых оползней и др.), определение необходимости противооползневой защиты склона и ее основных направлений*.

1.20. Изыскания должны вестись максимально целенаправленно, с учетом специфики природных условий ЮБК. Особое внимание должно быть уделено решению следующих задач:

установлению структурно-тектонических особенностей изучаемого склона: принадлежность участка к тектоническим структурам разных типов, порядков и ориентировки, наличие на склоне зон разрывных нарушений, их тип, степень активности и др. Этому вопросу необходимо уделять очень большое внимание, так как без учета структурно-тектонических особенностей невозможно разобраться в сложном геологическом строении склона;

установлению (по косвенным геологическим признакам и литературным источникам) знака современных вертикальных тектонических движений, которые испытывает земная кора на изучаемом участке склона: приуроченность участка к структурам поднятия или же опускания; наличие в пределах участка структур, испытывающих дифференцированные, разнонаправленные, вертикальные движения, выявление наличия признаков вертикальных движений в толще молодых склоновых отложений.

Ввиду того что вертикальные движения являются существенным фактором формирования рельефа оползневых склонов ЮБК и влияют на развитие оползневых процессов, игнорирование этого вопроса может привести к неправильному толкованию геологического строения склона и развивающихся на нем оползневых процессов;

установлению генезиса и относительного возраста всех элементов рельефа, прослеживающихся как на участке изысканий, так и на смежных с ним территориях. Задача эта, ввиду характерного для

---

* Общие задачи изысканий в оползневых районах изложены в «Рекомендациях по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития оползней» (ПНИИИС, Фундаментпроект, М., 1969).

ЮБК наложения друг на друга форм разного возраста и генезиса, весьма трудная, однако решение ее необходимо, так как без этого невозможно разобраться в сложной оползневой обстановке на склоне;

определению степени и характера тектонической нарушенности пород флишевой толщи: наличие в ней мелких пережатых складок или же относительно выдержанных уклонов поверхностей напластования (слои падают в склон, в направлении ската склона или же под углом к нему), наличие в флишевой толще зон дробления и тектонической трещиноватости, их характер, ширина, местоположение в плане и разрезе и др.;

определению степени выветрелости пород флишевой толщи, мощности коры выветривания (как суммарной, так и отдельных зон), количества и последовательности зон выветривания в коренных породах вблизи зон разрывных нарушений и на удалении от них, а также в смещенных блоках, выявлению наличия в флишевой толще зон и прослоев тонкочешуйчатых «глинизированных» аргиллитов и глин и определению соотношения направления падения этих зон (прослоев) с направлением ската склона.

При недостаточном внимании к особенностям выветривания флишевых пород и выделению в их толще зон выветривания, к распределению этих зон в плане и разрезе возникнут затруднения в геологической интерпретации данных бурения и в построении детальных инженерно-геологических разрезов;

изучению геологического строения подводной части склона; установлению наличия или отсутствия в нижней части склона пляжевых отложений, погребенных под толщей оползневых накоплений или же слагающих морское дно на разных уровнях, и определению их геологического возраста.

Ограничение изучения подводной части склона лишь промерами глубин морского дна и литологическим описанием верхнего слоя донных отложений (в то время как геологическое строение в целом остается неизученным) недопустимо;

восстановлению истории развития изучаемого склона и стратиграфо-генетическому расчленению толщи склоновых накоплений (на основе данных о геологическом возрасте пляжевых отложений, об основных этапах развития Черноморской впадины, а также геоморфологического и структурно-тектонического анализа). Установлению стратиграфо-генетической принадлежности (массандровские или верхнеюрские в коренном залегании) отложений, слагающих полосы терригенно-карбонатных пород, спускающихся сверху вниз по южнобережному склону (в случае, если они находятся вблизи участка изысканий). Неправильная трактовка этих вопросов может привести к неверному представлению о геологическом строении участка изысканий и развивающихся на нем оползневых процессах;

выявлению наличия в изучаемом склоне как в склоновых накоплениях, так и в коренных флишевых породах зон и поверхностей ослабления — фактических и потенциально возможных зон оползневого смещения — и возможности и условий формирования в последующем новых зон ослабления.

Во избежание пропусков зон ослабления необходимо большое внимание уделять выбору режимов бурения. При режимах, не обеспечивающих сохранности керна, некоторые из имеющихся в склоне зон ослабления могут оказаться незафиксированными, пропущенными;

выявлению мощности и внутренней структуры оползневого тела: приуроченности основных крупных оползневых ступеней к тектоническим блокам, наличия в оползневой толще смещенных блоков флишевых пород и «внутрисистемных» зон смещения (с определением степени их выдержанности по площади оползня, направления уклона этих зон и его соотношения с генеральным уклоном оползневого склона), наличия в тыловых частях запрокинутых блоков флишевых пород «карманов» относительно хорошо водопроницаемого материала и др.

При недостаточной глубине разведочных выработок могут быть случаи, когда смещенные блоки флишевых пород могут быть приняты за коренные породы в несмещенном залегании. Большое внимание должно быть уделено качеству первичной полевой документации, в противном случае при описании керна могут оказаться упущенными многие существенные особенности пород, что приведет к невозможности обоснованного стратиграфо-генетического и инженерно-геологического расчленения толщи;

определению вещественного состава, физического состояния, прочностных свойств и особенностей деформационного поведения пород различных стратиграфо-генетико-литологических разностей, особенно в пределах зон ослабления (фактических и потенциально возможных зон оползневого смещения), и выявлению условий, способствующих снижению прочности пород в последующем (воздействие обводнения, выщелачивания, вибрации и др.). Необходимо учитывать, что формальный подход к изучению инженерно-геологических свойств пород и применение стандартных методик не позволят выявить особенности поведения грунта в различных условиях его работы в склоне (при замачивании, вибрации, сотрясениях, выветривании и т. п.), правильно оценить роль содержащихся в породах грубообломочных включений и др. Следует избегать формального применения приемов математической статистики при обработке данных о свойствах пород, не допускать осреднения данных для толщи пород в целом, поскольку она состоит из нескольких инженерно-геологических элементов, то осреднение значений показателей является грубой ошибкой.

Осреднение значений показателей свойств пород при недостаточно обоснованном (а порой и явно ошибочном) стратиграфо-генетическом расчленении склоновых отложений теряет вообще всякий смысл, так как полученные таким образом значения использовать нельзя;

выявлению особенностей рельефа поверхности коренных пород и местоположения участков ее перегибов, расчленению оползневого тела на активные (с крутым уклоном оползневого ложа) и пассивные участки с определением коэффициента устойчивости каждого из таких участков; определению местоположения «швов» отдельных частиц оползня, характеризующихся разной скоростью смещения, и особенно бортовых «швов», что позволит избежать расположения в пределах этих участков зданий и сооружений или же предусмотреть необходимые меры по предотвращению их деформаций (разрушений);

выявлению участков оползня, где его ложе: а) совпадает с поверхностью коренных флишевых пород; б) проходит в толще склоновых накоплений; в) проходит в толще флишевых пород;

выявлению гидрогеологических особенностей оползневого склона — характера обводнения оползневой толщи и степени гидравли-

ческой связи подземных вод, движущихся сквозь толщу рыхлых склоновых накоплений (в основном по прослоям, обогащенным крупнообломочным материалом) и трещиноватых флишевых пород; решению вопроса о «гидрогеологической роли» (водопроницаемые или водоупорные?) зон оползневого скольжения современных, старых и древних оползней;

определению основных составляющих водного баланса склона (в частности, выявлению возможности и условий питания оползня за счет карстовых вод яйлы или же развитых у подножья яйлинского обрыва гравитационных накоплений), местоположения в плане, размеров и глубин ложбин подземного стока и расхода поступающих по ним подземных вод.

Отсутствие работ по изучению водного баланса оползневых склонов и недостаточный объем опытных гидрогеологических работ и стационарных наблюдений за оползневыми подвижками и оползнеобразующими факторами (в частности, за режимом уровней подземных вод и влажности пород) следует рассматривать как большой недостаток проведенных изысканий.

При включении этих работ в программу изысканий необходимо предусматривать также соответствующие средства и сроки изысканий (не менее 2—3 лет);

установлению стадии развития современного оползневого цикла, который переживают крупные многофакторные оползни, и в частности выявлению наличия на склоне оползней, находящихся в стадии подготовки основного смещения, но в связи с медленными подвижками трудно распознаваемых на незастроенных территориях, выявлению их размеров, мощности вовлекаемых в смещение пород, скорости смещения на разных участках склона и др.;

прогнозу возможных изменений природной обстановки на склоне при строительно-хозяйственном освоении его территории;

выявлению количественной роли отдельных природных и антропогенных факторов оползнеобразования в снижении устойчивости склона (на основе установления зависимости между активностью оползневых подвижек и интенсивностью проявления факторов оползнеобразования и определения снижения коэффициента устойчивости склона в результате воздействия различных факторов).

В. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЩЕЙ ПОСТАНОВКЕ ИЗЫСКАНИЙ НА ЮБК

1.21. Для повышения эффективности изыскательских работ на ЮБК необходимо устранить существующие в настоящее время недостатки в постановке и организации этих работ.

К таким недостаткам относятся:

а) узковедомственный подход к изучению оползневых склонов и локальный характер изысканий, что не позволяет вскрыть закономерности развития оползневого процесса на склоне в целом и правильно оценить оползневую обстановку на том или ином его участке, в устойчивости которого заинтересованы отдельные ведомства.

Распыленность средств по ведомствам является причиной того, что на одном и том же едином, оползневом склоне почти одновременно ведутся изыскания несколькими, обычно мелкими и неспециализированными, организациями, без взаимной увязки, изолированно друг от друга, нередко с дублированием работ. Все это препятствует изучению всего оползневого склона, на котором расположены иссле-

дуемые локальные площадки. В результате проведения таких изысканий оползневой склон в целом остается неизученным, что не позволяет дать оценку его устойчивости;

б) неправильное распределение объемов изыскательских работ по стадиям проектирования: нередко основной объем изысканий выполняется на второй стадии проектирования (рабочие чертежи), в то время как на первой стадии проводятся облегченные изыскания, не позволяющие получить достаточный материал для достоверной оценки устойчивости склона и принятия обоснованных проектных решений по его стабилизации и по размещению на нем проектируемых объектов (эти вопросы должны решаться именно на первой стадии проектирования, когда принимаются принципиальные решения о целесообразности защиты данного склона и определяется ее стоимость).

1.22. Для устранения существующего узковедомственного подхода к изучению оползневых склонов ЮБК и обеспечения проведения исследований, необходимых для понимания всего оползневого склона в целом, необходимо учредить единого, генерального заказчика на все ведущиеся на ЮБК проектно-изыскательские работы, который объединял бы средства отдельных ведомств, координировал бы ведущиеся на отдельных локальных участках склона изыскания (не допуская их дублирования), осуществлял контроль над изысканиями и требовал бы высокого качества последних.

1.23. Для повышения уровня проектирования целесообразно создание единой специализированной проектной организации по проектированию нулевого цикла всех строящихся на ЮБК зданий и сооружений, а также инженерной подготовки территории и комплекса противооползневых мероприятий. Эта организация должна обеспечивать разработку квалифицированных заданий на изыскания, обеспечивать целенаправленность и экономичность изысканий и отвечать за их качество.

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

1.25. Генеральному заказчику необходимо добиться такого распределения средств на изыскания, которое позволяло бы решать все основные вопросы проектирования (и в частности, вопрос об устойчивости склона) на первой стадии проектирования, с тем чтобы на второй стадии производилось лишь уточнение инженерно-геологической обстановки непосредственно на площадках и трассах запроектированных зданий и сооружений (в частности, противооползневых). Программы изысканий, не отвечающие этому условию, не должны согласовываться, а изыскания — финансироваться.

1.26. Изыскания на отдельных локальных участках склона (под отдельные объекты) в случаях, когда неясна общая оценка устойчивости всего склона в целом, должны быть запрещены (при необходимости для получения общей оценки устойчивости склона могут привлекаться имеющие опыт работ на ЮБК специализированные проектно-изыскательские и научно-исследовательские организации).

1.27. Необходимо обеспечить комплексность проводимых на ЮБК изыскательских работ (в комплекс должны входить инженерно-гео-

логические, инженерно-геодезические и инженерно-гидрометеорологические изыскания).

1.28. Изыскательские организации должны работать в тесном контакте с организацией, занимающейся проектированием инженерной подготовки территории, ее противооползневой защиты и нулевого цикла, а также с оползневой станцией и научно-исследовательскими организациями, занимающимися инженерно-геологическими проблемами Крыма.

1.29. При Крымском противооползневом управлении рекомендуется образовать научно-технический совет с привлечением к его работе высококвалифицированных специалистов, знающих специфику природных условий региона. На этом совете следует обсуждать программы, отчеты о результатах изысканий и проекты по сложным, ответственным объектам.

1.30. Для обеспечения правильной геологической интерпретации материалов изысканий и устранения существующих пробелов в изученности природной обстановки ЮБК рекомендуется осуществить научную разработку следующих проблем:

а) детальное изучение структурно-тектонических особенностей и неотектонического режима территории ЮБК;

б) уточнение стратиграфии склоновых отложений ЮБК;

в) сейсмическое микрорайонирование территории ЮБК;

г) инженерно-геологические принципы рационального строительно-хозяйственного использования оползневых и оползнеопасных территорий ЮБК;

д) методические пособия по инженерно-геологическому анализу материалов изысканий на оползневых склонах ЮБК;

е) глава СНиП на изыскания, проектирование, строительство и эксплуатацию зданий и сооружений на оползневых и оползнеопасных территориях.

1.31. Для получения более полной информации о современных вертикальных движениях земной коры в пределах ЮБК необходимо поставить вопрос перед соответствующими организациями о необходимости расширения Крымского геодинамического полигона.

1.32. Во избежание дублирования работ и для обеспечения наиболее полного использования материалов ранее выполненных исследований целесообразно создать в Ялте единый территориальный фонд материалов всех ведущихся на ЮБК изыскательских и исследовательских работ, с составлением для этой цели специального (помимо требуемых соответствующими ГОСТами) экземпляра отчета.

1.33. Для обеспечения возможности максимальной увязки данных изысканий, проводимых на отдельных участках склона, и возможности повторного узкоцеленаправленного изучения керна рекомендуется создать на ЮБК региональное кернохранилище.

Г. ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ ПРОГРАММЫ ИЗЫСКАНИЙ

1.34. При составлении программ изысканий на оползневых склонах ЮБК состав и объем изыскательских работ следует намечать с учетом:

1) сложности природных условий участка (в то время как для участков со сложными условиями требуется проведение полного комплекса и значительных объемов изыскательских работ, в относитель-

но простых случаях при хорошей изученности склона можно ограничиться упрощенным комплексом);

2) народнохозяйственной значимости защищаемого объекта (имеющегося на склоне или же проектируемого);

3) стадии проектирования (основной объем работ должен выполняться на первой стадии проектирования, когда принимаются принципиальные решения по целесообразности защиты склона и определяется ее стоимость; на стадии же рабочих чертежей производится лишь уточнение оползневой обстановки непосредственно на площадках и трассах запроектированных зданий и сооружений);

4) степени изученности участка исследованиями прежних лет.

В программах изысканий в обязательном порядке должны разрабатываться (на основе изучения материалов ранее выполненных работ) рабочие гипотезы об условиях формирования оползневого склона, причинах оползневой деятельности (факторах оползнеобразования), механизме смещения, типах оползней, их порядке, стадии развития оползневого цикла.

В процессе проведения полевых работ программа подлежит уточнению.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

А. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

2.1. Проведение инженерно-геологической съемки на склонах ЮБК из-за плохой распознаваемости на незастроенных территориях оползней, находящихся в стадии медленных подвижек, недостаточной изученности структурно-тектонических особенностей территории, чрезвычайно сложного рельефа (характеризующегося наложением друг на друга различных генетических форм), а также в связи со значительными его изменениями в процессе строительно-хозяйственного освоения территорий (подсечки и подсыпки на склонах, возведение дамб, насыпей, водоемов, террасирование, плантажи и др.), связано с большими трудностями и требует своевременного (непосредственно в поле) и всестороннего глубокого анализа всего получаемого при изысканиях материала.

Примечание. Без выполнения такого полевого анализа и увязки данных съемки с материалами других видов изыскательских работ (бурения, геофизики и др.) ценность съемки (информативность ее материалов) значительно снижается.

2.2. Большая протяженность по склону крупных оползней ЮБК, нередко доходящих своими головными частями до подножья яйлинского обрыва, диктует необходимость проведения съемки на всем оползневом склоне — от уреза моря и до самого подножья указанного обрыва, без чего не может быть правильно понят оползень в целом, а следовательно, и участок расположения конкретного строительного объекта.

2.3. При проведении детальной инженерно-геологической съемки особое внимание следует уделять фиксированию перегибов (даже слабо выраженных) профиля поверхности оползневого склона и межоползневых гребней, резких сужений последних в плане, перепадов в дне эрозионных врезов (рек, балок, оврагов), изменений на-

правления русел рек, что позволит выявить зоны разрывных тектонических нарушений на склоне, установить связь с ними оползневых процессов и определить особенности структуры оползневых систем (например, приуроченность крупных оползневых ступеней к тектоническим блокам).

2.4. Предварительное структурно-тектоническое микрорайонирование территории оползня и прилегающей к нему территории следует производить еще в полевых условиях, что позволит уточнить местоположение разведочных выработок и геодезических реперов на завершающем этапе изысканий.

2.5. При проведении съемки особое внимание следует уделять трещинам на поверхности грунта и на зданиях и сооружениях, деформациям зданий и сооружений, а также деформациям стволов деревьев, смещению рядов деревьев и виноградных лоз.

Эти данные помогут (в сочетании с данными разведочных работ) определить характер напряженного состояния и деформаций на различных участках склона и подойти к выявлению механизма и природы оползня, возраста смещений разных порядков, конфигурации поверхности оползневого скольжения, мощности смещающихся пород и др.

2.6. При описании и анализе трещин в грунте рекомендуется выделять: оползневые (с детальной их классификацией по Тер-Степаняну), основные (отдельности), тектонические (в частности, в зонах разрывных нарушений), напластования, усыхания, выветривания.

2.7. Описание трещин в грунте на поверхности оползня рекомендуется производить по следующей схеме: одиночная ли трещина или принадлежит к системе аналогичных трещин, форма в плане, ширина, видимая глубина и наклон трещины, характер стенок трещины, характер бровок трещины и их взаимное положение; наличие горизонтального перемещения по трещине и его величина, приуроченность трещины к определенной породе, заполнитель трещины, гидрогеологическое значение трещины, соображения о генезисе трещины и характере вызвавшей ее появление деформации. Необходимо также указывать, к какому элементу оползневого микрорельефа приурочена трещина.

2.8. Описание деформаций зданий (сооружений) рекомендуется производить по схеме:

а) наименование и адрес здания (сооружения);

б) фундамент здания (сооружения), материал и конструкция, глубина заложения;

в) наземная часть сооружения — материал и конструкция (особенно важно наличие строительных швов и их положение, жесткость отдельных частей);

г) год постройки, сведения о ранее наблюдавшихся деформациях и производившихся ремонтах, перестройках, их причинах;

д) характеристика деформаций здания (сооружения): наклон, направление и угол наклона, прогибание или выпучивание (выпор пола в зданиях, образование «домиков» на отмостке), смещение части сооружения, его величина, выход балок из гнезд, обрушение отдельных частей, перекос оконных и дверных проемов и рам, лопнувшие стекла, прихватывание окон и дверей, работа дверных замков, печей, наклон здания и т. п.;

е) трещины на сооружении — время появления и их общая ха-

рактеристика (есть ли закономерность или система в расположении трещин, количество, расстояние между ними);

ж) характеристика отдельных трещин:

длина и форма трещины, ее положение на сооружении (с зарисовкой),

ширина трещины, характер ее стенок, направление ее раскрытия и затухания вдоль фасада,

глубина трещины в разных местах, затухание или расширение трещины в глубину, поверхностная трещина или сквозная (пересекает стену на всю ее толщину),

наличие горизонтального и вертикального смещения по трещине и его величина,

связь между характером трещин, материалом и конструкцией сооружения (идут ли трещины по швам кирпичной кладки или секут кирпич),

распространение трещины на фундамент и отмостку,

наличие на трещинах маяков и их состояние (на наиболее характерных трещинах в процессе съемки следует закладывать дополнительные маяки),

разрывы в сетях подземных коммуникаций,

наличие деформаций линий связи и электропередачи (наклон опор, их смещение в плане).

2.9. При описании деформаций растительности необходимо фиксировать:

характер деформации стволов деревьев (обозначая их специальными знаками на карте): саблевидные стволы (с указанием высоты саблевидного изгиба над поверхностью земли и высоты выпрямленной вертикальной верхней части ствола), запрокинутые стволы (единичных или всех деревьев на участке) в одну сторону, незакономерный наклон стволов в разные стороны («пьяный лес»), расщепленные стволы и др.;

наличие вывернутых и опрокинутых, поваленных деревьев;

участки чахлой, угнетенной растительности, пожелтевшей кроны, засохших деревьев;

наличие деформаций растительности, посаженной правильными рядами (аллея деревьев, ряды лоз виноградника и др.);

отсутствие или наличие растительности на стенках оползневых срывов и возраст деревьев, нарушение дернового покрова и др.

2.10. При проведении съемки важно непосредственно в поле, с учетом данных проводимого одновременно со съемкой комплекса исследовательских работ, выделить (предварительно) оползни разных инженерно-геологических типов, установить базис их смещения, степень активности, природные и антропогенные факторы оползнеобразования и другие особенности.

2.11. В случае, если к изучаемому оползневому склону прилегает прослеживаемая сверху вниз по склону полоса терригенно-карбонатных пород, относимых ранее однозначно к массандровским образованиям, для получения возможности восстановления истории развития оползневого склона и правильного стратиграфо-генетического расчленения слагающих его пород следует выполнить соответствующий инженерно-геологический анализ, который позволит определить генезис и относительный возраст этих терригенно-карбонатных образований: относятся ли они к массандровским или же представляют собой опущенные по разрывным тектоническим нарушениям верхнеюрские отложения. Это требует детального исследования многих

особенностей пород терригенно-карбонатного комплекса и, в частности, получения данных об элементах залегания их напластования и изучения их соотношения с прилегающими отложениями, а также изучения характера контактов обломков массивных карбонатных пород с рыхлым терригенно-карбонатным материалом.

2.12. Для выявления морфологических особенностей подводной части склона, имеющих большое значение для установления контуров оползня, его механизма, положения базиса, а также для решения вопроса о характере неотектонических движений, необходимо проведение водолазной съемки подводного склона (с детальным геологическим описанием слагающих дно пород) и батиметрических работ.

2.13. В случае, если в период, прошедший между временем проведения изысканий и временем проведения последней топографической съемки, на изучаемом склоне произошли существенные изменения, должна быть выполнена новая топографическая съемка. В остальных случаях производится лишь корректировка имеющихся топографических планов, нивелировка склона по поперечникам и привязка разведочных выработок, геофизических точек и других пунктов.

Б. ПРОХОДКА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И БУРОВЫХ СКВАЖИН

2.14. Проходкой горных выработок и буровых скважин должен быть охвачен весь оползневый склон на всей его длине, колеблющейся в пределах от 200—300 м (приморские склоны в западной части ЮБК, склоны эрозионных врезов) до 3—5 км (приморские склоны в центральной и восточной частях ЮБК).

На приморских склонах разведочные работы производятся также на подводном продолжении склона. Крайняя морская скважина должна быть расположена за пределами первого (от уреза) прослеженного в рельефе морского дна уступа.

Без этого невозможно решить вопрос о том, является ли указанный уступ языком оползня, имеет тектоническую природу или же представляет собой древнюю абразионную ступень (в пределах структур опускания).

Примечание. В случае, если материалы изысканий, проведенных на приморском оползневом склоне и связанных с расположением на нем ответственных объектов, не освещает геологического строения склона в пределах прибрежной части моря, они не могут считаться удовлетворительными.

2.15. Разведочные выработки следует размещать как по продольному (по направлению движения оползня), так и по поперечным створам, вдоль осей оползней второго и более высоких порядков, а также вне этих створов, что необходимо для решения ряда таких задач, как, например, уточнение строения оползневой толщи на отдельных участках, возраст и генезис терригенно-карбонатных пород на смежных с оползневым склоном межоползневых гребнях и др.

2.16. Глубину скважин следует назначать такой, чтобы исключить возможность принятия за кровлю коренных пород поверхности смещенных блоков флишевых пород. Глубина опорных скважин обычно должна быть не менее 40—50 м (а нередко возникает необходимость и в 100-метровых и даже более глубоких скважинах), с проходкой по флишевым породам до 20—25 м. В береговой зоне

крупных оползней (захватывающей до 100—150 м от береговой линии как в сторону моря, так и в сторону склона), в пределах которой нередко (в структурах погружения) развиты погребенные пляжевые накопления, последние должны быть пройдены скважинами на полную их мощность, с углублением в подстилающие несмещенные флишевые породы не менее чем на 15—20 м.

Все встреченные в погребенных пляжевых накоплениях остатки макрофауны должны быть подвергнуты палеонтологическим исследованиям, а специально отбираемые пробы пород — микрофаунистическим определениям, что имеет для данного района чрезвычайно важное значение в связи со сложностью стратиграфо-генетического расчленения развитых здесь склоновых образований.

2.17. Расстояние между выработками по основному продольному (параллельному направлению движения оползня) створу следует принимать таким, чтобы обеспечить выявление всех перегибов профиля подземного рельефа и расчленение тела оползня на структурно-петрологические и инженерно-геологические элементы. На участках основных перегибов рельефа поверхности оползня (обычно приуроченных к стыку тектонических блоков) следует производить сгущение разведочных выработок, что позволит: уточнить механизм смещения (деляпсивный или детрузивный характер), характер сопряжения отдельных ступеней оползня — наползание оползневых накоплений вышележащих ступеней на нижележащие, или наоборот — срез вышележащих ступеней нижележащими, выявить участки перегибов рельефа (изменения уклонов) поверхности коренных пород, установить происхождение указанных перегибов.

2.18. При бурении следует применять режимы, обеспечивающие 100%-ный выход керна с максимальной сохранностью структуры и плотности — влажности пород.

2.19. Для выявления элементов залегания флишевых пород (что необходимо для уточнения структурно-тектонических особенностей участка и для более обоснованного проведения границы между горизонтом смещенных блоков флишевых пород и несмещенными коренными породами) следует добиваться извлечения из скважин ориентированного керна.

2.20. Во избежание попадания на забой скважин грубообломочных включений из вышележащих слоев пройденной толщи бурение должно вестись с обязательной обсадкой скважины трубами.

Примечание. Несоблюдение этого требования может привести к серьезным осложнениям при геологической интерпретации данных бурения и к искаженному представлению о геологическом разрезе (например, к отнесению фактически неоползневых пород к оползневым по обнаруженному в керне обломку известняка, который фактически вывалился из стенки необсаженной скважины с вышележащей толщи).

2.21. Во избежание попадания в керн инородных включений уже на поверхности земли извлечение его из колонковой трубы должно производиться на специальные щиты (каждый раз тщательно очищенные от остатков грунта предыдущего рейса). Керн обязательно следует укладывать в специальные керновые ящики с крышками и хранить после его описания геологом до выпуска отчета. Укладка керна на землю, асфальт и другое недопустима.

Примечание. Для ЮБК это имеет особое значение, так как имелись случаи попадания в керн разбросанных в большом количестве на поверхности земли обломков известняка, что приводило к искаженному толкованию геологического строения склона.

2.22. Для получения возможности построения обоснованных инженерно-геологических разрезов и карт с выделением в изучаемом склоне зон разрывных тектонических нарушений и расчленением оползневых толщ на структурно-петрологические и инженерно-геологические элементы описание керна должно производиться с исчерпывающей детальностью при непосредственном участии (контрольное описание) высококвалифицированных специалистов — оползневиков.

При описании «рыхлых» склоновых накоплений большое внимание следует уделять: цвету пород, наличию признаков ожелезнения, карбонатности (вскипание с HCl), степени перемятости пород, их слоистости, наличию и характеру обломочных включений и их петрографическому составу (обломки только флишевых пород, только карбонатных, или изверженных, или же смешанных пород), размеру обломков, степени их окатанности (оглаженности) и характеру распределения во вмещающей толще, наличию вторичных минералов, наличию и характеру «зеркал» скольжения (с определением угла их падения, наличия «зеркал» разных систем, соотношения последних друг с другом и др.).

При описании флишевых пород необходимо детальное описание каждого поднятого керна с характеристикой: соотношения в толще прослоев аргиллитов, алевролитов и песчаников, элементов залегания слоев (при неориентированном керне — хотя бы углов наклона), степени и характера тектонической раздробленности пород (раздробленность до состояния оскольчатой щебенки, перетертость до состояния спрессованного порошка — милонита или же наличие трещин выдержанных — одного или нескольких — направлений), степени выветрелости пород с выделением зон выветривания, вторичных минералов (гипса, диккита, тенардита) и зеркальных поверхностей скольжения (единичные или серия), особенностей последних (плоские, волнистые, с бороздками и штрихами движения, угол наклона, а при ориентированном керне — направление падения, наличие пленок глинистого вещества с указанием его консистенции и др.).

Особое внимание необходимо уделять породам из ослабленных зон, которые на ЮБК чаще всего представлены: тонкочешуйчатыми аргиллитами и глинами в толще выветрелого флиша (особенно в случае падения их напластования в направлении, согласном со скатом склона), породами зон тектонического дробления и тектоническими сместителями, мягко- и текучепластичными суглинками и глинами в приконтактных с обводненными прослоями зонах, темно-серыми суглинками и глинами с небольшим (до 10%) содержанием грубообломочных включений, а также суглинками и глинами с серией ориентированных субпараллельно поверхности склона «зеркал» скольжения, сформировавшихся в процессе оползневого смещения.

Для получения возможности правильного определения генезиса обнаруженных в керне «зеркал» скольжения (тектонические или оползневые) и их относительного возраста (древние, свежие) необходимо фиксировать частоту «зеркал», их ориентировку (угол наклона), характер поверхности (плоские или волнистые), наличие и направление (по отношению к падению самой поверхности) на зеркальных поверхностях бороздок и штрихов движения, сплошность

или прерывистость «зеркал», наличие на их поверхности пленок глины мягко- и текучепластичной консистенции, налетов солей и минералов гидротермального происхождения, остатков корней растений и степень их сохранности и др.

2.23. Для получения возможности наиболее правильной геологической интерпретации материалов бурения на каждом крупном оползне рекомендуется проходить по 2—5 глубоких (до 30—40 м) шурфа (шахты).

2.24. При проходке выработок образцы пород для лабораторных исследований следует отбирать целенаправленно, для чего уже в поле необходимо производить предварительное инженерно-геологическое расчленение слагающей склон толщи пород, с выделением в ней инженерно-геологических элементов и обеспечение отбора необходимого для статистической обработки данных о показателях свойств пород количества образцов из каждого элемента. Основное количество образцов должно отбираться из ослабленных зон.

2.25. Часть пройденных разведочных выработок используется для заложения пунктов стационарных наблюдений за оползневыми подвижками (глубинные геологические реперы), за режимом подземных вод и др. Выработки, подлежащие ликвидации, тампонируются (скважины) или засыпаются с послойной трамбовкой (шурфы).

Примечание. Случаи оставления скважин незатампонированными, а шурфов незасыпанными следует рассматривать как грубое нарушение правил изысканий на оползневых склонах.

В. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.26. Геофизические методы исследования должны быть неотъемлемой составной частью комплекса методов, используемых при изучении оползней ЮБК.

2.27. Возможность применения геофизических методов на ЮБК основана на различии физических свойств горных пород в зависимости от их состава и состояния. Для основных разновидностей горных пород ЮБК установлены следующие закономерности изменения удельного электрического сопротивления и скоростей упругих волн (табл. 1).

2.28. Комплекс электроразведки и сейсморазведки в условиях ЮБК рекомендуется применять для:

а) определения глубин залегания и рельефа поверхности коренных (несмещенных) флишевых пород;

б) определения элементов залегания слоев флишевых пород и зон разрывных тектонических нарушений;

в) расчленения толщи четвертичных отложений на зоны, отличающиеся по составу, увлажненности и содержанию грубообломочного материала;

г) выделения в толще оползневых накоплений зон ослабленных пород — фактических и потенциально возможных зон оползневого скольжения;

д) обнаружения и оконтуривания на поверхности оползней крутопадающих участков поверхностей (зон) оползневого скольжения;

е) изучения гидрогеологических особенностей толщи оползневых накоплений и примыкающих к оползню участков коренных склонов (в частности, оконтуривание в плане и разрезе обводненных зон), выявления областей питания оползневых накоплений подземными водами и путей движения последних в оползневой толще;

Таблица 1

Состав и состояние пород	Скорости продольных волн, м/с		Удельное электрическое сопротивление (УЭС), Ом. м	
	от	до	от	до
1. Элювий флишевых пород:				
сильно выветрелых слабовлажных	800—1000	2200—2500	90	400
обводненных	2800	3500	5—7	40
сильно раздробленных с высокоминерализованными водами	—	—	1—3	10
2. Глины и суглинки с небольшим (до 20—30%) содержанием обломочного материала:				
слабо влажные	400	800	20	40
сильно влажные и обводненные	—	—	5	10
3. Глины и суглинки с большим (более 30—40%) содержанием обломочного материала:				
слабо влажные	1400	1600	90	400
сильно влажные и обводненные	—	—	20	40
4. Валунно-галечниковые и глыбовые накопления	1200	2200 и более	100	150
5. Насыпные грунты	100	300 и более	100	—

ж) изучения динамики влажности оползневых накоплений и кинематики оползневого процесса;

з) определения приращения сейсмической интенсивности (в баллах) при сейсмическом микрорайонировании оползнеопасных территорий.

2.29. При проведении геофизических исследований необходимо учитывать, что для однозначного решения большинства перечисленных в п. 2.28 задач необходимо комплексное использование нескольких наземных (электропрофилирование, вертикальные электрические зондирования, сейсморазведка и т. д.) и скважинных (электрических, сейсмических, термометрических, ядерных и др.) методов.

2.30. Многоразносное *электропрофилирование* рекомендуется применять для обнаружения и прослеживания наклонных и крутопадающих контактов толщ (слоев) горных пород и зон разрывных тектонических нарушений. С помощью этого вида исследований решаются задачи «б», «д — ж» (см. п. 2.28).

2.31. В зависимости от сложности геоэлектрических условий и решаемых задач, электропрофилирование постоянным током может проводиться по обычным схемам или же их модификациям, по способам двух составляющих и вычитания полей. Электропрофилирование постоянным током применяется при изучении отдельных объек-

тов (например, обводненных зон) сравнительно простых форм и достаточно удаленных друг от друга.

В более сложных геоэлектрических условиях, а также для получения более полной и точной информации о структурных особенностях коренных пород (в частности, для выявления элементов залегания напластования флишевой толщи), о внутренней структуре оползневого тела (с расчленением его на структурно-петрологические элементы) рекомендуется применять сочетание электропрофилирования и ВЭЗ по методу двух составляющих (МДС), что обеспечит определение элементов залегания геоэлектрических границ с достаточно высокой точностью.

2.32. При наличии возможности электропрофилирование следует выполнять в виде площадной съемки по сети, определяемой масштабом инженерно-геологической съемки и решаемыми задачами.

При применении способа двух составляющих сеть иногда может быть разрежена без ущерба для точности получаемой информации. При предположении о наличии крутопадающих границ (разрывных тектонических нарушений) рекомендуется применять несимметричные установки электропрофилирования: дипольные и комбинированные (трехэлектродные двусторонние).

2.33. Результаты электропрофилирования представляются в виде графиков ЭП и иногда карт $\rho_к$ в изолиниях, на которых выделяются и прослеживаются контуры образований, различающихся по геоэлектрическим свойствам (зоны разрывных нарушений и др.). Критерием для выделения таких образований является сходство аномалий на графиках $\rho_к$ на соседних профилях. В отдельных случаях при сложном строении разреза хорошие результаты дают графики и карты градиентов $\rho_к$ (в частности, при выделении зон дизъюнктивных тектонических нарушений и карста).

Результаты электропрофилирования по способу двух составляющих представляются в виде геоэлектрических разрезов по каждому профилю и корреляционных схем для всей площади в целом.

2.34. Вертикальные электрические зондирования используются в основном для расчленения изучаемого разреза и выявления в нем отдельных слоев и прослоев, отличающихся по составу, структуре или обводненности. Этот вид исследования применяется для решения задач «а — в», «е», «ж» (п. 2.28).

2.35. Вертикальные электрические зондирования рекомендуется применять для изучения строения оползневых толщ, в которых отсутствуют крутопадающие геоэлектрические границы. В этом случае глубины залегания кровли или подошвы слоев определяются с ошибкой в 8—10%.

При применении крестовых или круговых зондирований (КВЗ), а также парных ВЭЗ со смещенными центрами ошибка уменьшается.

2.36. Для изучения сложного строения склонов ЮБК рекомендуется применять вертикальные зондирования по способу двух составляющих, что позволяет выделять в разрезе (без крестовых или круговых) как крутопадающие, так и горизонтально залегающие (параллельные дневной поверхности) границы.

2.37. Интерпретация кривых ВЭЗ проводится по общеизвестной методике. Результаты интерпретации представляются в виде геоэлектрических разрезов (по створам). На разрезах выделяют границы слоев, различающихся по величине УЭС, и дается их геологическая интерпретация (состав, структура, увлажненность, фильтрационные свойства). Дополнительно показываются крутопадающие границы

(зоны разрывных тектонических нарушений и др.). В отдельных случаях составляются карты глубин кровли или подошвы интересующего горизонта (толщи).

2.38. Для решения таких задач, как выявление постоянных и временных фильтрационных потоков, участков грунта повышенной влажности и участков интенсивной инфильтрации, могут быть применены *методы естественного электрического поля (ПС) и термометрии.*

Примечание. При использовании метода естественного электрического поля необходимо учитывать влияние таких характерных для ЮБК неблагоприятных факторов, как большие перепады высот, наличие крутых склонов и естественных токов, не связанных с полями фильтрации, а также наличие теллурических токов и промышленных помех. Термометрический метод следует проводить только при тщательном учете гидрогеологической обстановки.

2.39. Комплексный *электрический каротаж скважин* должен состоять из измерений сопротивления пород (КС или БКЗ) и повторной резистивиметрии искусственно засолоняемых (или опресняемых) скважин.

Примечание. При применении повторных резистивиметрических измерений искусственно засолоняемых скважин одновременно необходимо проводить также термометрию до начала засоления (или опреснения) скважин.

2.40. Результаты комплексного электрического каротажа скважин представляются в виде графиков изменения изучаемых параметров с глубиной, по которым определяют: местоположение в скважине литологических границ, местоположение и мощность трещиноватых, ослабленных или обводненных зон, места водопритоков, изменение физических свойств (удельного сопротивления, скоростей упругих волн, плотности и влажности) пород с глубиной.

В комплексе каротажных работ рекомендуется применять кавернометрию в качестве дополнительного метода, уточняющего литологическое расчленение разреза, а также режимную (повторяемую) инклинометрию для решения частной задачи определения глубин смещения активных оползней (по искривлению стволов скважин во времени).

2.41. Применению повторной резистивиметрии искусственно засолоняемых (или опресняемых) скважин при изысканиях на оползневых склонах ЮБК рекомендуется придавать большое значение, поскольку эти опыты позволяют определить мощность обводненных зон и скорости подземных потоков, а следовательно, и получить величину коэффициента фильтрации как для каждого слоя в отдельности, так и для толщи в целом.

При необходимости выявления скоростей подземных водотоков струйного типа и определения коэффициентов фильтрации рекомендуется применять метод заряженного тела (гидрогеологический вариант) либо электролитический метод, при котором производится засоление воды в скважине, а регистрация изменения удельного сопротивления воды (бурового раствора) производится в другой скважине — ниже по склону, в пределах того же струйного водотока.

Поскольку при постановке резистивиметрии зачастую неясно, чему соответствует скорость рассоления — скоростям потока (при на-

личии одной-двух трещин, обеспечивающих водоприток) или же скоростям фильтрации (при наличии множества каналов водопритока в толще водоносного горизонта), — рекомендуется комплексное проведение электрического каротажа двумя микрозондами (градиент-зондом и потенциал-зондом). Пересечение двух получаемых кривых КС соответствует максимальным каналам водопритока.

2.42. *Сейсморазведка* может проводиться на дневной поверхности (наземные методы) и в горных выработках.

При наземных наблюдениях преимущественно используется метод преломленных волн (МПВ) или корреляционный метод преломленных волн (КМПВ).

2.43. С помощью наземных сейсмических методов, включающих продольное и непродольное профилирование, профилирование с постоянным шагом, сейсмические зондирования в отдельных точках, решаются задачи «а—в», «д—з», перечисленные в п. 2.28.

2.44. Сейсморазведка выполняется в виде площадной съемки по сети профилей, густота которой определяется строением разреза и решаемыми задачами. Направления профилей выбираются с таким расчетом, чтобы обеспечить максимальный контраст упругих свойств на границах раздела. Для границ, находящихся на различной глубине, эти направления могут не совпадать друг с другом. В таких случаях система профилей должна обеспечивать оптимальные условия для выделения опорной границы. Системы наблюдений должны обеспечивать получение встречных (а иногда и нагоняющих) годографов и иметь общие точки для увязки границ, выделенных по отдельным профилям. Для одновременной регистрации продольных и поперечных (обменных) волн рекомендуется проводить наблюдения при горизонтальном и вертикальном положении сейсмоприемников и при различном направлении ударов.

2.45. Продольное сейсмическое профилирование рекомендуется применять для выделения в разрезе горизонтальных и слабонаклонных границ (поверхности коренных пород, поверхности оползневого ложа) и для прослеживания зон тектонических нарушений и других крутопадающих границ.

2.46. Непродольное профилирование применяется преимущественно для прослеживания крутопадающих границ зон разрывных тектонических нарушений, бортов погребенных эрозионных ложбин и др.

2.47. Для изучения изменения с глубиной состояния пород, анизотропии и преобладающего направления трещиноватости рекомендуется в характерных точках проводить сейсмические зондирования при расположении пунктов удара на 6—8 радиальных профилях длиной 50—100 м. Работы эти целесообразно проводить в комплексе с КВЗ (круговые вертикальные зондирования) или ВЭЗ МДС (вертикальные электрические зондирования в модификации метода двух составляющих).

2.48. Для увязки отдельных точек зондирования в ряде случаев рекомендуется проводить профилирование при постоянном расстоянии между сейсмоприемником и пунктом удара.

2.49. Результаты наземных сейсмических наблюдений представляются в виде геосейсмических разрезов (для каждого профиля) и индикатрис распределения скоростей на разных глубинах (для сейсмических зондирований).

На разрезах проводят скоростные границы и величины скоростей, выделяют участки перерывов в прослеживании отдельных гра-

ниц, показывают (условными знаками) динамические и кинематические особенности волнового поля.

После увязки глубин залегания границ по отдельным профилям составляется карта кровли опорного сейсмического горизонта, на которую наносятся оси выделенных аномалий волнового поля. При наличии достаточного количества данных такие карты могут быть составлены для всех границ, выделенных в разрезе.

Особое значение имеет получение значений скоростей продольных и поперечных упругих колебаний, позволяющих определить коэффициент Пуассона, модуль Юнга и др.

2.50. Наблюдения в горных выработках, которые следует проводить для получения наиболее достоверных данных о скоростях распространения продольных и поперечных волн в толще пород склона и характеристик их поглощения в грунтах, а также для детального расчленения разреза, подразделяются на вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП), сейсмокаротаж, акустический каротаж и сейсмическое просвечивание блоков грунтов между горными выработками.

2.51. При ВСП и сейсмокаротаже сейсмоприемники следует располагать вдоль ствола скважины или закреплять в стенке шурфа, а пункты возбуждения — оборудовать на дневной поверхности. Количество пунктов возбуждения, расстояния между ними, глубина погружения и расстояние между сейсмоприемниками определяются необходимой детальностью исследований и поглощающими свойствами среды.

2.52. Системы наблюдений при ВСП должны обеспечивать непрерывное прослеживание изменения сейсмических характеристик в зависимости от направления наблюдений и охвата различного объема исследуемых грунтов.

2.53. При сейсмическом просвечивании источники возбуждения колебаний располагаются в шурфе или скважине, а сейсмоприемники — в скважине на одном уровне.

2.54. Результаты наблюдений в горных выработках представляются в виде диаграмм изохрон, графиков пластовых и средних скоростей и коэффициентов затухания, являющихся исходным материалом для построения геосейсмических разрезов и оценки физико-механических свойств грунтов.

2.55. В зависимости от сложности геосейсмического разреза и решаемых геологических задач применяются различные модификации сейсморазведки, но наиболее полное и точное решение может быть получено при сочетании наблюдений на дневной поверхности и в горных выработках.

2.56. Режимные геофизические наблюдения рекомендуется применять при изучении кинематики оползней. Для этого используются магнитные репера и режимные ВЭЗ.

2.57. Для оценки степени плотности и увлажненности пород зоны аэрации можно использовать скважинные исследования ядерными методами ГГК, НГК и ННК с соблюдением соответствующих ограничений и мер предосторожности.

Для выявления ослабленных зон, по которым происходит скольжение (смещение) активных оползней, эти исследования также следует проводить в виде режимных, многократно повторяемых наблюдений (для регистрации сезонных разуплотнений и переувлажнений указанных зон).

2.58. Все геофизические материалы используются при составле-

нии инженерно-геологических и гидрогеологических карт и разрезов.

Для определения сейсмичности грунтов, т. е. локальной балльности территории объектов изысканий, следует применять микросейсморайонирование методом инструментальных измерений амплитуд смещений частиц грунта, амплитуд скоростей и ускорений этих смещений от дозированных (стандартных) возбуждений. Измерения ведутся с помощью сейсмографов и регистрирующей сейсмической аппаратуры (шлейфовые осциллографы, типовые сейсмостанции). Стандартное возбуждение производится грузом, падающим с дозированной высоты. Помимо перечисленных величин по сейсмограммам, могут быть определены преобладающие периоды указанных смещений (колебаний) грунтов, а также получен полный спектр частот, что является одним из исходных данных для проектирования сооружений.

2.59. Метод применяется обязательно в комплексе с изучением скоростного разреза, т. е. получением значений скоростей распространения упругих колебаний стандартными сейсморазведочными методами. Это требование необходимо для получения исходной балльности (сейсмичности) грунтов в нескольких точках участка. Последующее микросейсморайонирование дает приращения балльности (относительно исходной) в точках наблюдений.

Сеть наблюдений варьируется в зависимости от конкретных условий участка изысканий и масштаба изыскательских работ; обычно она не отличается от сети электро- и сейсморазведочных работ.

Подробно методика этих исследований приведена в «Инструкции по микросейсморайонированию» Института физики Земли.

2.60. Для выявления и трассирования линейных нарушений сплошности грунтов (например, границ активных оползней, разрывных тектонических нарушений, контуров насыпных грунтов и т. п.) применяется метод комплексной эманационной и газовой съемки, который заключается в корреляции повышенных значений радона, торона, метана, углекислого газа, кислорода, сероводорода в пробах почвенного воздуха по профилям наблюдений. Работы проводятся с помощью стандартных эманометров типа «Радон» и интерферометров ШИ-1, ШИ-2, ШИ-3 (шахтные интерферометры) либо ИГА-1 (индикатор газовой активности) по методике, соответствующей «Инструкции по проведению радиометрических работ».

2.61. Для выявления динамики оползневых процессов могут быть применены тензометрические наблюдения за распределением напряжений (и изменением этих напряжений во времени) в обсадных трубах в скважинах, в сваях и буронабивных противооползневых шахтных столбах.

Для регистрации малых величин оползневых смещений грунта полезно использовать метод наклонометрии, разработанный Институтом физики Земли.

Для выявления корреляционных зависимостей параметров, получаемых полевыми геофизическими методами и механическими свойствами грунтов, определяемыми лабораторными способами либо полевыми испытаниями грунтов, рекомендуется комплексировать такие методы исследования, как пенетрация, сейсмоакустический каротаж, метод акустической жесткости (получение скоростей поверхностных волн сейсморазведкой и значений плотности гамма-плотномерами) на участках, где проведено достаточное количество полевых испытаний грунтов и лабораторных физико-механических анализов. Сравнение модулей, полученных пересчетом из дан-

ных упомянутых геофизических исследований, с непосредственно измеренными позволит получить (при достаточно представительной статистике) искомые корреляционные зависимости.

Г. ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ЛАБОРАТОРНЫМИ И ПОЛЕВЫМИ МЕТОДАМИ

2.62. При изучении инженерно-геологических свойств грунтов очень важно правильно выбрать схему испытаний и применить наиболее рациональную, целенаправленную методику с учетом задач исследований, вытекающих из необходимости оценки устойчивости оползневых склонов и литологических особенностей элювиальных образований и делювиально-оползневых накоплений, содержащих крупнообломочные включения и ослабленные зоны.

2.63. Для инженерно-геологической оценки грунтов рекомендуется избегать использования стандартных методик, так как они мало применимы для элювиальных образований и склоновых накоплений, содержащих крупнообломочные включения и ослабленные зоны.

2.64. Для оценки литологических особенностей пород необходимо проводить детальное геолого-литологическое изучение пород с выделением:

ослабленных зон (фактических и потенциально возможных зон оползневого смещения);

характерных для ЮБК литологических комплексов пород.

При выделении ослабленных зон необходимо учитывать, что они, как правило, приурочены:

в коренных породах, слабо затронутых выветриванием, — к тектоническим трещинам, обычно выполненным «глинкой трения»;

в элювиальных образованиях — к увлажненным глинизированным продуктам выветривания аргиллитов, обладающих характерной чешуйчато-листоватой текстурой, и к трещинам, выполненным глинистым материалом;

в «рыхлых» склоновых накоплениях — к участкам пород с небольшим (до 20—30%) содержанием обломочного материала и с высокой влажностью дисперсной составляющей, отвечающей пластичному состоянию пород. Такие участки обычно приурочены к существующим поверхностям смещения, к зонам локального увлажнения, к приконтактной зоне этих накоплений с элювием коренных пород и к обводненным щебнистым прослоям.

К основным литологическим комплексам пород на ЮБК, отличающимся инженерно-геологическими особенностями и характером поведения на склоне, относятся:

глины и суглинки темно-серого цвета с различным соотношением крупнообломочных включений и дисперсной составляющей (эти отложения стабилизованы органическими и органо-минеральными коллоидами и наиболее легко вовлекаются в смещение);

известковистые суглинки и глины коричневато-бурого или желтовато-серого цвета с различным соотношением крупнообломочных включений (обломков флишевых и карбонатных пород) и дисперсной составляющей (эти отложения обладают цементационно-конденсационным характером структурных связей и более устойчивы на склоне);

смещенные пачки флишевых пород.

2.65. На сложных оползневых склонах, на которых проектируется строительство ответственных объектов, необходимо изучать веще-

ственный состав пород, который, определяя характер структурных связей, физико-химическую и коллоидную активность, обусловливает степень выраженности характерных глинистых свойств, гидрофильность, характер взаимодействия с водой, прочностные свойства и деформационное поведение пород, а следовательно, и склонность их к оползневым деформациям.

Изучение вещественного состава пород следует проводить для каждого выделенного в пределах изучаемого участка литологического типа пород.

Для оценки вещественного состава пород необходимо изучать:

а) химико-минералогический состав дисперсной составляющей, а именно: состав глинистых минералов с помощью комплекса методов (термический, электронно-микроскопический, дифрактометрический), емкость поглощения и состав поглощенных катионов, химический состав — содержание органического вещества, карбонатов, гипса, водно-растворимых солей, аморфного кремнезема;

б) минералого-петрографический состав шлифов (для коренных флишевых пород, элювиальных образований и обломочных включений);

в) состав и минерализацию поровых растворов. Эти исследования позволят судить о процессах диффузионного выщелачивания, которые приводят к снижению прочности пород и к формированию ослабленных зон. Изучение поровых растворов следует проводить для образцов, залегающих в условиях, способствующих выщелачиванию пород, — на контакте с обводненными прослоями, в приконтактной зоне с элювием коренных пород, на участках, примыкающих к старым поверхностям скольжения.

2.66. При определении дисперсности пород, слагающих оползневые склоны ЮБК, следует учитывать наличие в них крупнообломочных включений. Определение гранулометрического состава таких пород необходимо проводить следующим образом: при помощи накидной сетки в обнажениях или стенках выработок анализируются грубые обломки пород (100 мм). Затем грохочением определяется состав крупных обломков пород (20—100 мм). Ситовым анализом разделяется песчано-дресвяный материал. Масса проб для грохочения должна составлять 200—300 кг. Из пробы, которая прошла через сито с диаметром отверстий в 20 мм, берется навеска в 2—3 кг. При помощи набора сит эти навески разделяются на фракции 10; 10—5; 5—2; 2—1; 1—0,5; 0,5—0,25; 0,25—0,1 мм. Ситовый анализ проводится мокрым методом. Пылевато-глинистые фракции отмываются водой от обломочных включений. Анализ пылевато-глинистых частиц осуществляется одним из существующих методов. В зависимости от цели исследования применяются различные способы подготовки грунта к анализу. Гранулометрический анализ пылевато-глинистых частиц наиболее целесообразно проводить обычным пипеточным методом или ареометром с предварительной диспергацией грунта пирофосфатом натрия.

Во избежание разрушения обломочных включений ослабленных выветриванием аргиллитов следует соблюдать осторожность при их гранулометрическом анализе. Ситовой анализ пород, содержащих в своем составе обломки сильно выветрелых аргиллитов, осуществляется путем осторожного промывания обломочных включений на ситах. Анализ пылевато-глинистых частиц таких пород осуществляется после предварительного двухчасового замачивания в воде, без растирания. Для характеристики степени агрегированности пылевато-

глинистых фракций рекомендуется проводить микроагрегатный анализ.

2.67. Методика изучения физических свойств пород, слагающих оползневые склоны ЮБК, назначается исходя из литологических особенностей пород.

Для пород из трещиноватых зон в коре выветривания лабораторными методами следует изучать глинистый заполнитель трещин (по обычной методике инженерно-геологического изучения дисперсных грунтов).

Для склоновых накоплений и пород коры выветривания методику изучения следует подбирать исходя из соотношения в породе крупнообломочного материала (щебень, дресва) и дисперсной составляющей.

При содержании крупнообломочного материала менее 10—15% следует применять обычную методику, используемую для дисперсных грунтов, так как их физико-механические свойства практически не отличаются от свойств дисперсных грунтов, не содержащих крупнообломочных включений.

При содержании крупнообломочных включений свыше 10—15% следует применять специальную методику лабораторных исследований, сочетая их с полевыми методами. Для таких пород показатели физико-механических свойств следует определять отдельно для крупнообломочных включений, для дисперсной составляющей и для породы в целом. При содержании обломочных включений от 10—15 до 20—30% особое внимание следует обращать на изучение состава и состояния дисперсной составляющей пород, определяющей их физико-механические свойства. При содержании обломочных включений свыше 20—30% следует уделять внимание также изучению обломочных включений, оказывающих значительное влияние на физико-механические свойства таких пород.

2.68. При определении влажности пород можно пользоваться любым методом. Следует определять отдельно влажность валовую, крупнообломочных включений, песчано-глинистой составляющей. Особое внимание следует уделять определению влажности песчано-глинистой составляющей, так как именно эта влажность обусловливает консистенцию пород и определяет их устойчивость на склоне. Рекомендуется применять наиболее простой метод определения влажности песчано-глинистого заполнителя (определение влажности после отделения крупнообломочных включений путем протирания породы через сито с диаметром отверстий в 2 мм).

Результаты определений влажности пересчитываются по формуле $W_m = W_c + K$, где W_m — влажность глинистого заполнителя, W_c — влажность частиц породы, прошедших через 2-мм сито, K — поправка, зависящая от температуры, влажности и давления воздуха в лаборатории (при обычных условиях она равна 1—2%).

Для параллельных определений следует отбирать по 8—10 навесок грунта, так как влажность песчано-глинистой составляющей имеет большую амплитуду колебаний в близких пространственных точках. Можно применять также бороздовой способ отбора проб.

2.69. Определение объемного веса следует проводить для пород в массиве, используя следующие методы:

метод взвешивания больших объемов породы, извлеченной из шурфа с определением ее объема либо прямым обмером шурфа, либо путем замера заливаемой в шурф воды (с предварительной изоля-

цией стенок шурфа парафинированием, быстротвердеющими полимерами или полиэтиленовой пленкой);

метод взвешивания больших монолитов (1—3 кг) с замером их объема.

метод режущего кольца больших размеров (d=50—60 см, h= =20—50 см).

2.70. Определение удельного веса крупнообломочных включений и дисперсной составляющей производится по стандартной методике лишь для контрольных проб.

2.71. Для характеристики прочностных и деформационных свойств пород можно пользоваться методами одноплоскостного сдвига, одноосного и трехосного сжатия, а также компрессии.

2.72. При изучении прочностных и деформационных свойств пород необходимо учитывать количество и размер содержащихся в них крупнообломочных включений (см. пп. 2.74—2.87).

2.73. При проведении испытаний пород на прочность необходимо учитывать, что трехосные испытания в стабилометрах (позволяющие получать сдвиговые характеристики пород в условиях более равномерного распределения напряжений в образце, где направление плоскости сдвига определяется свойствами испытуемого образца и приурочено к плоскости наименьшего сопротивления) в условиях ЮБК могут быть применены главным образом для изучения дисперсной составляющей грунтов.

2.74. При оценке прочности пород, содержащих более 20—30% крупнообломочных включений, испытания рекомендуется проводить на образцах больших размеров, используя крупногабаритные лабораторные приборы или полевые методы.

2.75. Для изучения сопротивления сдвигу пород, слагающих оползневые накопления в полевых условиях, рекомендуется применять метод прямого сдвига грунтов в заданной плоскости.

Примечание. Методы обрушения, выпирания, вращательного среза, а также метод ВНИМИ не соответствуют характеру смещения пород при оползневых процессах: методы выпирания и обрушения дают завышенные значения показателей прочности, что объясняется в первом случае малыми нормальными напряжениями, во втором — несовершенством методики; метод вращательного среза не применим к оползневым накоплениям, ввиду наличия в них грубообломочных включений; метод ВНИМИ не позволяет определять значения угла внутреннего трения.

2.76. Прямой сдвиг в заданной плоскости рекомендуется выполнять по методике, позволяющей моделировать условия сдвига, аналогичные тем, которые наблюдаются при оползневых явлениях.

2.77. В зависимости от целей исследования, испытание на сдвиг рекомендуется производить по одной из следующих схем:

а) сдвиг целиков грунта природной влажности по заданной плоскости;

б) сдвиг по имеющимся в склоне готовым поверхностям ослабления (оползневого скольжения, тектоническим трещинам и др.) без предварительного увлажнения;

в) сдвиг по имеющимся в склоне готовым поверхностям ослабления с их предварительным замачиванием;

г) сдвиг целиков предварительно увлажненного грунта по искусственно подготовленной поверхности.

Результаты, полученные в опыте по схеме «а», рекомендуется использовать при расчете устойчивости склонов, в которых не зафиксировано зон ослабления, по остальным схемам — для склонов с имеющимися поверхностями ослабления (схемы «в» и «г» — для увлажненных).

Полученные показатели следует корректировать в зависимости от влияния различных неблагоприятных условий и факторов, например трещиноватость, диффузионное выщелачивание, динамические нагрузки.

2.78. В случае выполнения испытаний на предварительно замоченном грунте (схемы «в» и «г», п. 2.77.), время замачивания следует определять в зависимости от пород. Для темно-серых плотных глин и суглинков с небольшим количеством крупнообломочных включений оно составляет 1,5—2 сут, для желто-бурых и желто-серых суглинков с большим (20—50%) количеством крупнообломочных включений — 2—3 сут, для элювия флишевых пород (выветрелых аргиллитов) — 3—4 сут.

2.79. Количество полевых испытаний зависит от целей и задач исследований, но должно быть не менее трех для каждой испытываемой литологической разности.

2.80. Для определения величины модуля деформации (Е) изучаются деформативные свойства грунтов.

Величина модуля деформации определяется при испытаниях грунтов вертикальными статическими нагрузками на штампы, устанавливаемые в шахтах сечением 4 м^2.

Для испытаний используется жесткий круглый штамп площадью 2500—5000 см^2, устанавливаемый в шахтах методом «упора в стенки».

Примечание. Монтаж штампа с применением анкерных свай не рекомендуется, так как зачастую при больших нагрузках сваи могут быть вырваны и установка самих свай затруднена: завинчивание в крупнообломочные грунты невозможно, бетонирование не всегда эффективно.

При испытании грунтов вертикальными статическими нагрузками нагрузки на штамп передаются 100-тонным гидравлическим домкратом ДГ-100. Осадка штампа фиксируется прогибомерами ПМ-30 или 6ПАО.

2.81. Установку штампа производят, как правило, на отметке заложения фундамента в активной зоне основания (через интервал, равный 1,5—2 величинам диаметра штампа), а также в пределах тех разностей грунтов, знание величины модуля деформации которых необходимо для моделирования напряженного состояния массива.

2.82. Величины ступеней удельных нагрузок, зависящие от состояния, плотности и гранулометрического состава грунтов, рекомендуется принимать в соответствии с табл. 2.

В случае, если предел пропорциональности не достигнут, испытания проводят до конечной нагрузки, соответствующей величине нагрузки от сооружения (с запасом 1—2 кг/см^2). При достижении предела пропорциональности необходимо дать дополнительную ступень для уточнения характера кривой «осадка — удельная нагрузка».

2.83. Испытания грунтов штампами в скважинах, прессиометрия, статическое и динамическое зондирования, а также сдвиговые испытания методом вращательного среза для условий ЮБК не реко-

Таблица 2

Грунты	Величины ступеней удельных нагрузок, кг/см²	
	для грунтов природной влажности	для грунтов искусственно увлажненных
Темно-серые глины и суглинки	0,5	0,25
Желтовато-бурые суглинки и глины	1	0,5
Элювий флишевых пород (выветрелые аргиллиты)	1	0,5

мендуются по следующим соображениям:

при установке штампов в скважинах невозможно осуществлять контроль за качеством зачистки грунта на забое и учитывать деформацию колонны труб;

при прессиометрических исследованиях не изучен вопрос о влиянии на величину модуля деформации пород наличия в них крупнообломочных включений и прослоев крепких песчаников и алевролитов;

применение статического зондирования и вращательного среза ограничено из-за наличия в породах грубообломочных включений.

2.84. Методика лабораторного определения прочностных свойств крупнообломочных грунтов ЮБК должна назначаться по различным схемам в зависимости от состояния грунта, условий строительства и целей испытаний и принципиально не должна отличаться от соответствующих методик испытаний, разработанных для дисперсных грунтов.

2.85. Помимо стандартных схем лабораторных испытаний пород на сдвиг рекомендуются также специальные схемы сдвиговых испытаний, позволяющие моделировать состояние и условия работы грунта на склоне и, в частности, в зоне оползневого смещения:

а) испытания при различном физическом состоянии дисперсной составляющей грунтов — при природной влажности, при влажности набухания, при влажности на границе текучести и на границе раскатывания (учитывая, что прочность дресвяных и щебнистых грунтов в значительной степени определяется влажностью и состоянием дисперсного заполнителя, которые на оползневых склонах ЮБК в значительной степени зависят от климатических условий и изменяются в течение года);

б) испытания после предварительного свободного набухания;

в) испытания по схеме повторного сдвига по подготовленной смоченной поверхности («плашка по плашке»). Эта схема испытаний позволяет моделировать оползневые подвижки при сильном увлажнении грунта по имеющимся в склоне поверхностям скольжения.

Расчетные характеристики сопротивления пород сдвигу, полученные по таким схемам, наиболее отвечают задачам, вытекающим из необходимости оценки устойчивости оползневых склонов, так как они характеризуют прочность грунта в пределах наиболее ослабленных зон.

2.86. При содержании в грунте крупнообломочных включений более 20—30% испытание на сдвиг в лабораторных условиях следу-

ет проводить на образцах больших размеров на стендовых установках:

а) при испытании на одноосное и трехосное сжатие следует проводить раздавливание больших монолитов (диаметром 20—30 см и высотой 30—45 см) в специальных стендах одноосного и трехосного сжатия;

б) одноплоскостной сдвиг больших монолитов следует проводить в сдвиговых стендовых установках.

При испытании грунта с включением дресвяного обломочного материала можно пользоваться стендовой установкой с диаметром рабочей камеры порядка 20 см. При испытании грунта с включением щебнистого обломочного материала крупногабаритные стенды должны иметь диаметр сдвигового кольца 50 см.

Стендовые установки должны обеспечивать величину зазора между обоймами не менее 0,8 диаметра наиболее крупных обломков в грунте.

Испытания щебнистых грунтов с глыбовыми включениями можно осуществлять на модельных образцах после исключения из образцов глыбового материала ($d > 10$—20 см);

в) компрессионные испытания — в крупногабаритных стендовых одометрах диаметром порядка 20 см для дресвяных разновидностей и 50 см и более — для щебнистых.

2.87. При содержании в грунте крупнообломочных включений до 20—30%, а также для характеристики прочности дисперсной составляющей можно пользоваться лабораторными приборами одноосного сжатия, одноплоскостного сдвига и стабилометрами. При проведении испытаний необходимо следить за тем, чтобы не было заклинивания обломочных включений между обоймами колец.

2.88. Величины сцепления по ослабленным зонам и контактам, приуроченным к тектоническим трещинам и трещинам выветривания в толще флишевых пород, могут быть рассчитаны по формуле

$$C = a W^{-в},$$

где C — величина сцепления,

W — влажность материала, выполняющего трещины,

a и $в$ — коэффициенты, зависящие от гранулометрического состава материала, выполняющего трещины.

Примечание. Если содержание частиц диаметром менее 0,005 мм превышает 50%, коэффициенты a и $в$ соответственно равны 2231 и 2,81. При содержании частиц диаметром 0,005—2 мм свыше 50% эти коэффициенты соответственно составляют 127 и 2,14, а при содержании частиц диаметром более 2 мм свыше 50% они соответственно равны 66 и 1,92.

2.89. Для контрольных образцов, отобранных из ослабленных зон, следует проводить реологические испытания, которые дадут возможность оценить деформационное поведение пород в различном состоянии при различных напряжениях (меньших, чем разрушающие), что имеет важное значение для понимания процессов на стадии медленных подвижек. Эти исследования следует проводить для грунтов, содержащих крупнообломочный материал менее 20—30% и если размер отдельных обломков не превышает 1,5—2 см в поперечнике. Для таких грунтов реологические испытания можно проводить на приборах стандартного размера.

При проведении испытаний необходимо учитывать, что:

а) испытания можно проводить с помощью одноосного сжатия цилиндрических образцов высотой не менее 10 см и диаметром около 6 см по методу получения «семейства кривых»;

б) для характеристики деформационного поведения пород по образцам, отобранным из слабых зон коры выветривания флишевых пород (увлажненные, глинизированные, тонкочешуйчатые аргиллиты), реологические испытания лучше проводить в сдвиговом приборе, модернизированном для проведения опыта в условиях чистого сдвига, без вертикальных нагрузок. Опыты проводятся по методу получения семейства кривых кинетики развития деформаций при постоянных, возрастающих от опыта к опыту напряжениях сдвига.

Д. ОПЫТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

2.90. При организации опытно-фильтрационных работ, необходимых для гидрогеологических расчетов и прогнозов, следует учитывать, что в сложных гидрогеологических условиях оползневых склонов ЮБК, когда фильтрационные свойства водовмещающих пород меняются на незначительных расстояниях по площади и в разрезе, определение таких параметров, как коэффициент фильтрации K, проводимость T, пьезо- или уровнепроводность a, водоотдача или недостаток насыщения μ, коэффициент взаимодействия пластов (фактор перетекания) B, весьма трудоемко.

2.91. Учитывая сложность и пестроту литологического строения водоносного комплекса в оползневых накоплениях ЮБК (наличие линз и невыдержанных прослоев крупнообломочных включений в толще связных глинисто-суглинистых пород), постановку опытных работ рекомендуется осуществлять после расчленения разреза на зоны и участки по литолого-петрографическим признакам.

2.92. Для детализации строения выделенных в составе водоносного комплекса зон в процессе изысканий рекомендуется проводить кратковременные откачки из всех проходимых разведочных скважин (с последующим обязательным наблюдением за восстановлением уровня подземных вод), на основании которых произвести расчленение разреза по фильтрационным свойствам и наметить участки для проведения опытных откачек.

2.93. Для получения приближенных значений фильтрационных характеристик рекомендуется проведение одиночных откачек для каждой литологической разновидности пород. При производстве одиночных опытных откачек в слабопроницаемых суглинистых склоновых накоплениях для определения величины скачка наряду с опытной скважиной рекомендуется бурить и оборудовать фильтром затрубную скважину.

2.94. Кустовые опытные откачки выполняются для более точного определения гидрогеологических параметров водовмещающих пород, выявления взаимосвязи между отдельными обводненными зонами и прослоями, определения радиуса влияния откачки и степени неоднородности водоносной толщи.

2.95. Опытные кусты рекомендуется располагать на типовых участках после того, как будут изучены геологические и гидрогеологические условия. Начальный диаметр центральной скважины должен обеспечивать установку в ней фильтра диаметром не менее 100 мм и наличие пространства для обсыпки его рабочей части песком или гравием толщиной слоя не менее 50 мм. Наблюдательные

скважины оборудуют фильтрами диаметром 50—80 мм, которые обсыпают хорошо фильтрующим материалом.

2.96. В условиях оползневых склонов ЮБК, характеризующихся большой неоднородностью водовмещающих пород в горизонтальном и в вертикальном направлениях, рекомендуется закладывать не менее 2—3 лучей.

2.97. Для выяснения характера взаимодействия отдельных зафиксированных на оползневом склоне водоносных прослоев и зон, расположенных на различных глубинах и разделенных слабопроницаемыми породами, наблюдательные скважины рекомендуется располагать поэтажно.

2.98. В сравнительно однородных породах достаточно одной-двух наблюдательных скважин в луче, в неоднородных — до четырех-пяти и более. В качестве наблюдательных рекомендуется также использовать разведочные скважины, расположенные поблизости от опытной скважины.

2.99. Расстояния от центральной скважины до наблюдательных определяются расчетным путем по ориентировочным значениям коэффициента фильтрации, мощности водоносного горизонта и необходимой (заданной) величине понижения. Ориентировочные расстояния от центральной скважины до наблюдательных при откачках из водоносного горизонта в оползневых накоплениях приведены в табл. 3.

Таблица 3

Водовмещающие породы	Расстояния от центральной скважины до наблюдательных, м		
	первой	второй	третьей
Суглинки тяжелые с небольшим количеством крупнообломочных включений (K=0,0001—0,05 м/сут)	1	2—3	5—8
Дресва, щебень и обломки коренных пород с суглинистым заполнителем (K=0,05—1 м/сут)	2—4	5—8	8—10

2.100. После проходки и оборудования центральной скважины перед бурением наблюдательных скважин куста (для уточнения расстояний) рекомендуется производить прокачку центральной скважины (длительность ее 1 станко-смена).

2.101. Кустовые откачки из водоносного горизонта в крупнообломочных оползневых накоплениях рекомендуется проводить с двумя-тремя понижениями. В слабопроницаемых разностях, при удельном дебите скважин, не превышающем 0,05 л/сек, одиночные и кустовые откачки проводятся с одним понижением величиной не менее 2 м. При этом разность между понижениями в соседних наблюдательных скважинах луча должна составлять не менее 0,2—0,3 м, а в наиболее удаленной скважине 0,1—0,2 м. В щебнисто-суглинистых породах разность понижений в наблюдательных скважинах должна быть 0,1—0,15 м.

2.102. Продолжительность откачки зависит от водопроницаемости пород, мощности водоносного горизонта, величины понижения, положения наблюдательных скважин, а также от поставленных задач, которые должны быть решены с помощью откачки. Для определения необходимой продолжительности откачки с неустановившимся режимом рекомендуется пользоваться уравнением $\frac{r^2}{4at} = 0,1$, где r — радиус скважины (если определение производится по центральной скважине) или расстояние от центральной скважины до наблюдательной (если определение производится по наблюдательной скважине), м; a — коэффициент пьезопроводности (уровнепроводности), м²/сут; t — время, исчисляемое от начала откачки, сут.

При проведении опытной откачки из водоносного горизонта, заключенного в оползневых накоплениях ЮБК, ориентировочно можно рекомендовать следующую ее продолжительность, которая уточняется в процессе откачки (табл. 4).

Таблица 4

Водовмещающие породы	Продолжительность откачки, смена		
	пробной	одиночной	кустовой
Слабопроницаемые породы (K=0,0001—0,05 м/сут)	1—2	7—8	10—12
Обломочные породы с суглинистым заполнителем (K=0,05—1,0 м/сут)	0,5—1	3—4	4—6

Примечание. В случае, если в запроектированное время не достигнуто указанного понижения в наблюдательных скважинах, продолжительность откачки необходимо увеличить настолько, чтобы убедиться в наличии или отсутствии связи между отдельными водоносными прослоями (зонами), для чего в смете следует предусматривать резервные средства.

2.103. После прекращения откачки необходимо проводить наблюдения за восстановлением уровня воды в опытной скважине, результаты которых используются для расчета коэффициента фильтрации, проводимости и уровне- или пьезопроводности пластов.

2.104. Для определения коэффициента фильтрации пород зоны аэрации и слабопроницаемых пород зоны насыщения рекомендуется также проводить опытные наливы в скважины или в шурфы.

2.105. Поскольку одним из основных параметров при гидрогеологических расчетах является водоотдача или недостаток насыщения пород зоны аэрации μ, то при проведении кустовых откачек рекомендуется определять этот параметр с помощью запуска индикатора (красящее вещество или поваренная соль) в наблюдательную скважину и установления времени его появления в центральной.

2.106. Для выявления источников питания оползня водой и воздействия подземных вод на изменение свойств склоновых отложений (на формирование в их толще зон ослабления) необходимо изучать химический состав подземных вод и его изменение во времени. Гидрохимические наблюдения рекомендуется вести по тем же сква-

жинам, по которым производятся наблюдения за уровнем и температурой воды, размещая наблюдательные точки таким образом, чтобы охарактеризовать всю толщу оползневых пород по площади и по глубине.

При проведении гидрохимических наблюдений необходимо особое внимание обращать на:

а) установление типов подземных вод, которые указывают на интенсивность и относительные скорости фильтрации (например, гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды характерны для участков интенсивной инфильтрации, сульфатные воды распространены в слабопроницаемых грунтах и свидетельствуют о меньших скоростях и т. д.);

б) аномально повышенную мниерализацию, которая может контролировать наличие зон тектонических нарушений или очагов загрязнения;

в) специфический химический состав (например, наличие содовых вод), влияющий на процессы оползнеобразования.

Е. СТАЦИОНАРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА РЕЖИМОМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНАХ

2.107. Стационарные гидрогеологические наблюдения при изысканиях на оползневых склонах ЮБК проводятся в целях:

а) выявления общей картины обводненности склонов, направления и характера движения подземных вод в толще слагающих склон пород;

б) изучения режима уровней подземных вод — для учета их наиболее неблагоприятного положения при расчетах устойчивости склонов;

в) изучения режима и баланса подземных вод на оползневых склонах — для выявления источников обводнения тела оползня с их количественной оценкой;

г) получения фильтрационных характеристик пород, необходимых для гидрогеологических расчетов;

д) изучения роли подземных вод в формировании зон ослабления в толще пород склона.

2.108. Сеть наблюдательных скважин располагается с учетом условий залегания подземных вод в плане и в разрезе.

При одномерном движении подземных вод достаточно одного расположенного по потоку створа из трех скважин. При двухмерном движении требуется как минимум конверт из пяти скважин.

Число и направление створов зависит также от характера неоднородности водовмещающих пород. При неоднородном строении в плане закладывается 2—3 створа скважин поперек основного направления движения потока подземных вод. При двух-трехслойном строении гидрогеологического разреза (характерного для многих склонов ЮБК) наблюдательные скважины в створе рекомендуется располагать «поэтажно» (т. е. оборудовать куст скважин, из которых по одной располагать в каждом горизонте).

2.109. Основная цель изучения баланса подземных вод на оползневых склонах сводится к определению количественной характеристики их роли в процессе оползнеобразования. Изучение баланса подземных вод обычно проводится силами научно-исследовательских и режимных территориальных организаций Министерства геологии. Изыскательской же организацией эти исследования следует выпол-

нять лишь в случае, если оползневой склон характеризуется большой протяженностью и сложными гидрогеологическими условиями, а подобные исследования на нем ранее не проводились. Они могут выполняться как силами самой изыскательской организации, так и специализированной организацией по субподрядному договору, на что в смете и программе изыскательских работ должны быть предусмотрены соответствующие средства и время.

2.110. Изучению баланса подземных вод должны предшествовать детальные геологические и гидрогеологические исследования территории, а также постановка комплексных наблюдений за режимом подземных вод (колебаниями уровня, температуры, химического состава), что позволит решить вопрос о необходимости изучения баланса. Поскольку роль подземных вод, воздействующих на оползневый процесс, на различных участках ЮБК различна (в пределах огромных оползней, протягивающихся через весь склон от уреза моря и до подножия яйлинского обрыва, подземные воды могут являться одним из ведущих оползнеобразующих факторов, в то время как для коротких «абразионных» или «эрозионных» оползней роль подземных вод в оползневом процессе может оказаться второстепенной или незначительной), то балансовые наблюдения следует предусматривать не во всех случаях, а в основном при выявившейся большой роли подземных вод.

2.111. При исследованиях должны быть изучены основные элементы баланса подземных вод:

инфильтрация атмосферных осадков, конденсация водяных паров, просачивание поливных вод, утечки из коммуникаций, водохранилищ и др., расход подземных вод на испарение и транспирацию растениями;

приток на данный участок подземных вод, поступающих из соседних территорий;

подземный отток из пределов выделенного участка.

Алгебраическая сумма элементов баланса подземных вод за расчетный промежуток времени или за год дает баланс этих вод за соответствующий период.

2.112. Баланс подземных вод рекомендуется составлять как для отдельных характерных участков, так и для оползневого склона в целом. Для этого необходимо для каждого расчетного балансового участка оборудовать сеть наблюдательных скважин, отображающих условия залегания, питания и движения подземных вод в плане и в разрезе. В условиях одномерного движения подземных вод для применения метода конечных разностей на каждом участке необходимо иметь один створ из трех скважин, расположенных по направлению потока. При двухмерном движении необходим конверт из пяти наблюдательных скважин.

2.113. На ЮБК можно выделить следующие участки склона, отличающиеся по условиям питания, распространения и характеру движения подземных вод, на которых рекомендуется проводить изучение баланса:

а) осыпи и глыбовые навалы у подножия яйлинского обрыва — область аккумуляции атмосферных осадков и карстовых вод верхней юры;

б) погребенные ложбины стока, служащие путями перемещения подземных вод от яйлы в сторону моря, к которым в большинстве случаев приурочены крупные оползни.

В пределах оползневого склона необходимо выделить:

а) зоны, покрытые лесом, где основными элементами баланса являются боковой приток, отток, инфильтрация, эвапотранспирация;

б) участки, занятые виноградниками, где элементы баланса те же, но добавляются поливные воды и периодический сток в дрены;

в) участки, занятые жилыми и курортными массивами, в пределах которых основные элементы баланса те же, но естественный режим подземных вод нарушен.

2.114. Для изучения баланса подземных вод на оползневых склонах ЮБК рекомендуется использовать комплекс методов:

а) опытно-экспериментальные определения отдельных элементов баланса на типичных балансовых участках (испарение с дневной поверхности и с зеркала грунтовых вод, изменение влагосодержания в зоне аэрации, наблюдения над инфильтрацией атмосферных осадков и поверхностных вод с помощью лизиметров и т. п.);

б) стационарные наблюдения за режимом и гидродинамический анализ колебаний уровня с помощью уравнений неустановившегося движения грунтовых вод в конечных разностях.

2.115. При организации балансовых наблюдений на оползневых склонах ЮБК рекомендуется широко использовать геофизические методы исследований для определения сезонных изменений влажности пород зоны аэрации, выявления фильтрационной неоднородности оползневых накоплений в плане и разрезе, картирования поверхности подстилающего водоупора, выявления зон разрывных тектонических нарушений, влияющих на гидрогеологические условия.

2.116. Опытно-экспериментальные наблюдения на типичных балансовых участках должны включать изучение следующих элементов баланса подземных вод:

а) атмосферные осадки (осадкомер Третьякова, почвенный дождемер, суммарные осадкомеры);

б) испарение с поверхности почвы (почвенные испарители ГГИ-500-50, ГГИ-500-100);

в) приток и отток поверхностных вод (водосливы, лотки, трубы и т. д., стоковые площадки);

г) запасы влаги в зоне аэрации (весовой метод — термостатный, омический, гамма-метод, нейтронный, теплоемкостный, тензиметрический и др.) с учетом влияния на этот элемент микрорельефа местных природных и искусственных факторов (наличие или отсутствие леса, виноградника, различная крутизна склона, наличие замкнутых понижений рельефа, застроек территории, дренажных сооружений и т. д.);

д) дебит источников, дрен (вертикальных и горизонтальных);

е) испарение грунтовых вод с характерных глубин (лизиметрическим методом).

2.117. Изучение баланса подземных вод в сложных гидрогеологических условиях на оползневых склонах ЮБК рекомендуется проводить также с помощью гидродинамического анализа их режима. Для этого на каждом расчетном балансовом участке следует оборудовать сеть наблюдательных скважин по определенной системе.

Имея годовой цикл наблюдений за колебаниями уровня подземных вод, составляется баланс подземных вод для каждого расчетного промежутка времени и годовой баланс.

2.118. Ввиду того, что определение гидрогеологических параметров в оползневых накоплениях ЮБК встречает трудности из-за большой неоднородности водовмещающих пород в плане и в разрезе, при определении средних значений $K_{ср}$, K_m, a и др. необходимо со-

четать различные методы, среди которых ведущими, наряду с опытными работами, должны быть расчеты по уравнениям неустановившегося движения в конечных разностях, с помощью решения обратных задач (математическое моделирование на аналоговых машинах, моделирование на гидроинтеграторе, электроинтеграторе и др.).

Параметр μ (коэффициент водоотдачи пород при понижении уровня подземных вод или коэффициент недостатка насыщения при их подъеме) рекомендуется определять различными способами. При отсутствии питания подземных вод сверху этот параметр можно найти расчетным способом по данным о колебаниях уровня. Наиболее надежно он находится по величине изменения запасов влаги в нижней части зоны аэрации. Можно рассчитать его и по данным о физических и водных свойствах пород зоны аэрации, для чего необходимо знать гранулометрический состав, объемный и удельный вес и влажность пород.

В сложных гидрогеологических условиях оползневых склонов ЮБК для определения величины питания грунтовых вод сверху (W), чтобы получить наиболее надежные его характеристики, необходимо сочетать различные методы: экспериментальный, конечных разностей, аналитических решений дифференциальных уравнений неустановившегося движения подземных вод.

2.119. Для решения вопроса о возможности питания или расходования подземных вод за счет вертикального перетока через гидрогеологические окна из нижележащего водоносного горизонта или по зонам разрывных нарушений необходимо оборудовать куст наблюдательных скважин для изучения характера изменения пьезометрических уровней с глубиной и для расчета величины перетока.

2.120. Если стационарная метеорологическая станция Гидрометеослужбы расположена далеко от изучаемого оползневого склона или в иных микроклиматических условиях (изменение количества и режима атмосферных осадков, величины испарения и др.), то в связи с неоднородностью микроклиматических условий ЮБК необходимо организовать непосредственно на изучаемом склоне временный метеорологический пост со специальным режимом наблюдений. Наблюдения на них рекомендуется выполнять по методике гидрометеослужбы с необходимыми отступлениями от нее, вызванными специфическими условиями изучения оползней.

Ж. СТАЦИОНАРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОПОЛЗНЕВЫМИ ПОДВИЖКАМИ

2.121. В связи с трудностью распознавания на незастроенных территориях ЮБК оползней, находящихся в стадии медленных подвижек (из-за чего участки развития активных оползней здесь нередко принимаются за неоползневые), большое внимание при изысканиях на оползневых склонах ЮБК следует уделять организации инструментальных геодезических наблюдений за горизонтальными и вертикальными перемещениями специально установленных геодезических знаков (реперов, марок).

2.122. На застроенных склонах помимо инструментальных наблюдений за перемещением грунтовых и стенных реперов (марок) рекомендуется вести также полуинструментальные наблюдения за деформациями маяков, как установленных ранее на зданиях и сооружениях, так и устанавливаемых в процессе изысканий.

2.123. Инструментальные геодезические наблюдения за планово-

высотным положением реперов (марок) и полуинструментальные наблюдения за деформациями маяков проводятся для решения следующих задач:

а) установления наличия (или отсутствия) смещения на склоне (что особенно важно на стадии медленных, визуально незаметных подвижек, обычно предшествующих катастрофическим подвижкам);

б) установления границ активных оползней, а также выявления на склоне оползней второго и более высоких порядков, развивающихся на теле крупных оползней первого порядка;

в) установления количественных характеристик смещения для решения вопроса о том, развивается или затухает оползневой процесс на изучаемом склоне;

г) определения направления смещения (следует учитывать, что на ЮБК имеются случаи, когда направление смещения совпадает не с направлением ската склона, а с направлением имеющихся на склоне, но не выявленных при изысканиях погребенных ложбин подземного стока, с направлением зон разрывных тектонических нарушений и др.);

д) уточнения механизма оползня, дифференциальных смещений его отдельных частей, конфигурации поверхностей оползневого смещения;

е) микрорайонирования территории оползня по интенсивности подвижек и уточнения местоположения границ отдельных структурных элементов сложных оползневых систем;

ж) изучения распределения напряжений на поверхности оползня в процессе его смещения с выявлением зон сжатия и растяжения;

з) установления закономерностей развития оползневого процесса во времени (с выявлением наличия или отсутствия моментов периодической остановки оползня) и выявления зависимости интенсивности подвижек от различных факторов оползнеобразования;

и) прогнозирования дальнейшего поведения оползня;

к) выбора конструкций проектируемых противооползневых сооружений и определения эффективности осуществленных противооползневых мероприятий.

2.124. Створы геодезических реперов (марок) следует располагать по направлению предполагаемого смещения (продольные створы) и по направлениям, перпендикулярным ему (поперечные). Крайние по створу реперы следует располагать за пределами оползня. На оползнях, базисом которых служит дно моря и на которых осуществлены морские берегоукрепительные сооружения, продольные створы следует продолжать и на подводную часть склона, располагая последний репер на головной части берегоукрепительных бун.

2.125. Количество створов зависит от размеров и типа оползня. На небольших «моногенных» оползнях нередко можно ограничиться одним продольным и одним-двумя поперечными створами. На крупных полигенных оползнях первого порядка, и особенно в случае сложных оползневых систем, необходимо не менее 3 створов продольных и 5—8 (а иногда и 10—12) — поперечных (по 1—2 створа в пределах каждой крупной оползневой ступени), а также створы по осям выявленных оползней второго и более высоких порядков.

2.126. Количество реперов (марок) в пределах каждого створа зависит от размеров и сложности оползня, особенностей рельефа его поверхности и поставленных перед инструментальными наблюдениями частных задач (см. п. 2.123).

Для изучения механизма оползневого процесса и распределения

напряжений в оползневом теле необходимо обеспечивать соответствующую густоту расположения реперов в продольных створах. На каждой крупной оползневой ступени должно быть расположено не менее 2—3 реперов (марок). На участках перегибов рельефа дневной поверхности реперы (марки) рекомендуется располагать на близком расстоянии друг от друга (через 10—20 м и чаще).

2.127. Реперные створы при изысканиях необходимо закладывать не только на оползнях, но и на неоползневых, но потенциально оползнеопасных территориях, особенно на застроенных или перспективных для застройки, чтобы в последующем при эксплуатации этих территорий была возможность зафиксировать начало подвижки и своевременно принять меры.

2.128. При изысканиях должно быть уделено внимание вопросу выявления на склоне старых, заброшенных реперных створов. При обнаружении старых реперов должна быть произведена их инструментальная привязка.

2.129. Опорные реперы должны закладываться на заведомо неподвижных участках склона, что в условиях ЮБК представляет весьма трудную задачу. Наиболее надежными участками являются участки развития верхнеюрских терригенно-карбонатных пород (образующих мысы Кошка, Ай-Тодор, Никитский и др.) и изверженных пород (гора Медведь и др.), а также межоползневые гребни, сложенные среднеюрскими флишевыми породами.

Опорные реперы должны быть нанесены на планы, составленные в общегосударственной системе координат. Целью такой привязки является контроль за их неподвижностью. В случаях, когда возникают сомнения в неподвижности опорных реперов, их привязку необходимо повторить.

2.130. Количество циклов измерения планово-высотного положения реперов (марок) необходимо назначать в зависимости от степени активности оползня. В то время как на стабильных неоползневых (но потенциально оползнеопасных) склонах вполне достаточным можно считать измерения один раз в год, то на активных действующих оползнях измерения следует производить не менее трех раз в год: ранней весной (февраль — начало марта), после периода обычной весенней активизации оползней (конец мая — июнь) и осенью (октябрь — ноябрь).

Примечание. Следует учитывать, что более редкие измерения на активных оползнях не позволяют выявить особенностей кинематики оползня на его отдельных участках, понять закономерности развития оползневого процесса и увязать его с факторами оползнеобразования, выделить в теле крупного оползня первого порядка более мелкие оползни второго и третьего порядков и др.

2.131. Для получения более полной информации об оползневом процессе рекомендуется ежемесячно проводить полуинструментальные наблюдения за деформациями установленных на зданиях и сооружениях маяков.

2.132. В связи с наличием в толще оползневых накоплений многочисленных зон и поверхностей ослабления для выявления, какие из них являются активными (т. е. тех, по которым происходит фактическое оползневое смещение), рекомендуется применять глубинные геологические реперы различных конструкций (струнные, тензометрические, магнитные, электромагнитные и другие). При этом следует

иметь в виду, что преимуществом магнитных реперов по сравнению с реперами других конструкций является возможность получения информации о смещениях, происходящих на разных глубинах на протяжении длительного времени, а также возможность получения информации о режиме разнонаправленных оползневых смещений разных порядков.

2.133. Наблюдения за реперами в течение, как минимум, одного гидрологического года или же в период времени от закладки реперной сети на первой стадии проектно-изыскательских работ и до окончания изысканий на второй стадии (рабочие чертежи) должна выполнять изыскательская (проектно-изыскательская) организация, а в последующем — оползневая станция или же противооползневое управление, которым изыскательская (проектно-изыскательская) организация должна передать реперную сеть по акту.

3. ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

2.134. Гидрометеорологические и промерные работы должны быть обязательной частью комплексных изысканий, проводимых на всех крупных многофакторных оползнях ЮБК. Виды и объемы этих работ определяются в зависимости от местоположения и характера оползня, поставленных задач и наличия архивных материалов.

2.135. Задача этих изысканий состоит в том, чтобы оценить местные гидрометеорологические условия и на основе использования материалов длительных наблюдений гидрометеорологических станций (или используя имеющиеся расчетные методы) получить режим гидрометеорологических факторов на изучаемом склоне ЮБК и их влияние на оползневые процессы.

2.136. Основной задачей специалистов-гидрологов при определении влияния гидрометеорологических факторов на оползневые процессы ЮБК является поиск имеющихся материалов многолетних наблюдений и исследований и решение вопроса о способах их использования.

При необходимости в случае, когда материалы стационарных наблюдений не могут характеризовать участок изысканий (станции значительно удалены от объекта изысканий или местные условия сильно отличаются от общего гидрометеорологического режима ЮБК), должны быть выполнены специальные гидрометеорологические наблюдения силами изыскательской организации. Методика и организация гидрометеорологических работ изложены в соответствующих наставлениях Гидрометеослужбы и ряде других источников.

Примечание. Если изыскательская организация не может выполнить необходимые гидрометеорологические и промерные работы своими силами, она может привлечь для этой цели специализированные организации (в частности, близрасположенные станции Гидрометеослужбы) на договорных началах.

2.137. Целью проведения гидрометеорологических работ на оползневых склонах ЮБК является получение данных об абразионной деятельности моря, вдольбереговой миграции наносов, эрозионной деятельности рек, твердом стоке рек, атмосферных осадках (их количестве, режиме, характере), испаряемости (и испарении с поверхности почвы и грунтовых вод с характерных глубин), конденсации и др.

2.138. Абразионная деятельность моря изучается на подмываемых морем оползневых склонах с целью получения данных, необходимых для прогнозирования возможности активизации существующих и возникновения новых оползней.

При этих исследованиях должны быть получены следующие данные:

наличие и пределы распространения морской абразии на исследуемом участке;

качественные характеристики процесса абразии (формы и размеры ниш и других форм подмыва, характер обрушения и др.);

количественные характеристики процесса абразии (количество грунта, унесенного с метра за единицу времени, отступание бровки берегового обрыва за единицу времени);

зависимость интенсивности абразии от гидрометеорологических, геологических и гидрогеологических условий.

2.139. Наблюдения за абразионной деятельностью моря, как правило, должны сопровождаться: изучением вдольберегового движения наносов, изучением морского волнения, наблюдениями за колебанием уровня моря при нагонах, специальными наблюдениями за прибоем и накатом, размывными течениями, волновыми скоростями и др.

2.140. Эрозионная деятельность рек (ручьев), стекающих по оползневому склону, изучается для выяснения влияния водотоков на оползневой процесс и получения необходимых данных для проектирования (в частности, водоотводных сооружений).

В результате этих исследований должны быть получены:

качественные характеристики процесса речной (овражной) эрозии;

характеристики зон размыва (подмыва склона при разных уровнях и расходах водотока;

количественные характеристики интенсивности процессов размыва;

зависимости интенсивности размыва от гидрометеорологических (уровни, сток, осадки), геологических и гидрогеологических условий.

2.141. Наблюдения за деятельностью водотоков (если она недостаточно охарактеризована имеющимися материалами) следует вести по методике Гидрометеослужбы.

2.142. Данные изучения гидрометеорологических факторов, воздействующих на оползневой процесс (например, атмосферных осадков, деятельности рек и ручьев, подмыва склона морем и др.), проводившегося специализированными организациями (системы Гидрометеослужбы и др), должны быть собраны, проанализированы и соответствующим образом обработаны.

В отдельных случаях для получения необходимых характеристик следует использовать, кроме данных фактических наблюдений, также расчетные методы.

2.143. При изучении водного баланса оползневого склона, в связи с характерными для ЮБК резкими изменениями микроклиматических условий, необходимо организовывать временные гидрометеорологические посты. Методика работ на этих постах должна выполняться по рекомендациям Гидрометеослужбы.

2.144. Большое внимание при проведении изысканий следует уделять промерным работам на море, в результате которых должны быть получены данные об особенностях рельефа подводного

склона (его крутизна, наличие ступеней, дугообразный контур подводного языка оползня и др.).

2.145. Ширина полосы промеров определяется гидрологом совместно с инженером-геологом в зависимости от предполагаемого местоположения языка оползня и уточняется в процессе выполнения работ. Акватория промеров должна превышать площадь языка оползня.

2.146. После установления контуров подводного языка оползня назначаются повторные промеры по покрывающим всю его площадь профилям (через 50—100 м), которые следует производить три-четыре раза в год и каждый раз после сильных и продолжительных штормов.

Промеры рекомендуется производить по створам с инструментальной фиксацией точек промеров и эхолотом по створам или компасным курсам (галсам).

2.147. Совмещая планы повторных промеров за разные сроки, можно получить качественную и количественную характеристики деформации подводного языка, а анализируя гидрометеорологические условия за период между промерами (режим волнения, сгонно-нагонные колебания уровня и др.), можно объяснить причины этой деформации. Необходимо также использовать имеющиеся гидрографические карты и планы промеров дна участка за разные годы и путем их сравнения попытаться оценить причины и величину деформации подводного языка оползня за многолетний период.

2.148. При помощи подводных работ (например, с использованием автономной дыхательной аппаратуры на сжатом воздухе) рекомендуется производить:

а) обследование состояния подводного берегового склона и выявление характерных участков с признаками локальных деформаций;

б) периодические наблюдения за рельефом языка оползня (с целью выявления его изменений в зависимости от воздействия различных факторов).

Примечание. При обнаружении в районе языка оползня крупных глыб или валунов (которые не могут перекатываться волной) можно зафиксировать их местоположение (путем, например, вывода на поверхность воды прикрепленной к валуну рейки или штыря) и систематически следить геодезическими методами за смещениями валунов. Вместо валунов с той же целью можно устанавливать на языке оползня специальные предметы (якоря, бетонные плиты и т. п.);

в) инструментальные исследования уровня поверхности донных осадков, исследования режима локальных перемещений под воздействием волнения, течения и др.;

г) отбор проб грунтов для лабораторных исследований и другие работы.

2.149. В результате подводных исследований должны быть получены следующие материалы:

карта изолиний поверхности морского дна с элементами морфологии подводной части оползневого склона и геологическим описанием слагающих дно поверхностных отложений;

таблица и схема распределения донных осадков с их физико-механическими характеристиками;

схемы перемещения закрепленных предметов (якорей, штырей

и т. д.) в увязке с причинами, вызывающими эти перемещения — записи, зарисовки, материалы кинофотосъемки отдельных участков дна и т. д.

2.150. Метеорологические исследования на оползневых склонах ЮБК выполняются для:

установления влияния на режим оползневых процессов региональных метеорологических условий;

установления влияния на устойчивость оползневых склонов микроклиматических условий;

изучения метеорологических факторов как составляющих водного баланса оползневых склонов;

получения необходимых данных для проектирования системы поверхностного водоотвода.

2.151. Для выявления зависимости оползневой активности от метеорологических факторов (например, от количества и режима атмосферных осадков) и для получения метеорологических данных для составления представления о водном балансе оползневого склона, необходимо получение количественных характеристик метеорологических условий. С учетом большой пестроты микроклиматических условий ЮБК, при большом отдалении стационарных станций Гидрометеослужбы от участка изысканий рекомендуется организовывать на изучаемом склоне метеорологические станции и посты силами изыскательской организации, которая может передать эту работу по субподрядному договору специализированной организации.

2.152. В связи с тем, что в условиях большого перепада высот южнобережного склона Крымских гор (500 м и более) количество атмосферных осадков резко изменяется даже на небольшом расстоянии в направлении сверху вниз по склону, то возникает необходимость расположения наблюдательных постов на различных по высоте участках склона.

2.153. Основными метеорологическими элементами при изучении оползневых процессов на ЮБК должны быть:

характер и количественное распределение атмосферных осадков (причем особое внимание следует уделять осадкам в виде моросящих затяжных дождей), время, условия, характер и распределение снегового покрова;

испарение с поверхности почвы и водной поверхности;

температурный режим.

2.154. Обработка метеорологических данных должна производиться, как правило, с соблюдением требований соответствующих пособий Гидрометеослужбы, но в зависимости от поставленных задач могут применяться и другие методы обработки.

2.155. Кроме непосредственного влияния режима метеорологических факторов на устойчивость оползневых склонов следует оценивать также влияние климатических изменений, проявляющееся через другие факторы. Например, климат определяет тип и интенсивность выветривания, характер растительности, количество и режим поверхностных и подземных вод, определяет время проявления и интенсивность процессов эрозии и абразии. Определение таких климатических влияний на оползневые процессы должно базироваться на изучении климатических факторов в историческом разрезе.

2.156. В отчете об изысканиях должно быть оценено влияние климатических факторов, в частности атмосферных осадков, в качестве факторов оползнеобразования:

а) определено их влияние на сезонные колебания величины ко-

эффициента устойчивости склонов и на интенсивность оползневого процесса;

б) определена зависимость оползневых процессов от многолетних влажных периодов, от годовых сумм осадков и особенно от их месячных сумм;

в) установлено влияние на оползневой процесс ливневых единоразовых осадков редкой повторяемости (например, таких, когда за сутки выпадает до 25% среднегодовой нормы).

2.157. После окончания изыскательских работ все оборудованные в процессе изысканий гидрометеорологические пункты для продолжения начатых при изысканиях наблюдений передаются (если в этом окажется необходимость) по акту оползневой станции, противооползневому управлению или же гидрометеорологическим станциям ГУГМС.

И. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

2.158. Из статистических методов исследования оползневых процессов рекомендуется применять корреляционный и регрессионный анализы, которые позволят выявить связь между смещением оползня и интенсивностью основных природных факторов и дать оценку роли последних в оползневом процессе.

Применение этих методов особенно полезно для познания закономерностей развития крупных многофакторных оползней ЮБК. Для этого необходимо иметь данные длительных стационарных наблюдений за скоростью смещения оползня и интенсивностью природных процессов.

2.159. Поскольку развитие большинства оползней ЮБК (особенно крупных) происходит под влиянием многих природных факторов, то следует: выявить наиболее результативный фактор, дать оценку статистической связи отдельных факторов с интенсивностью оползневого процесса, а также установить роль в оползневом процессе каждого фактора.

2.160. Поскольку результаты наблюдений за смещением оползня, равно как и результаты наблюдений за природными факторами, — величины случайные, то зависимость между ними носит вероятностный характер и изучается с применением корреляционного анализа, основная задача которого состоит в определении с заранее заданной надежностью пределов величины оползневого смещения, которые оно может иметь, если известны пределы изменения влияющего на него фактора.

Для определения тесноты связи между двумя величинами применяется парная корреляция, для изучения зависимостей между несколькими величинами — множественная корреляция.

2.161. Для выявления тесноты связи между двумя величинами (парная корреляция) следует определить коэффициент корреляции r как эффективную меру связи в условиях линейной корреляции или корреляционное отношение η как меру тесноты связи между величинами, распределение которых может отличаться от нормального, а связь аппроксимироваться нелинейными функциями.

Примечание. Коэффициент корреляции и корреляционное отношение могут принимать значения от 0 до 1. Чем ближе значение r и η к 1, тем теснее связь между оцениваемыми величинами.

2.162. Анализ зависимостей двух величин X и Y начинается с построения точечной диаграммы, которая позволяет приближенно установить наличие связи между этими величинами. Если по точечной диаграмме или по другим соображениям (теоретическим предпосылкам) предполагается линейная зависимость между величинами, то задача дальнейших исследований состоит в определении коэффициентов уравнения линейной регрессии типа $Y=aX+b$.

Максимально приближающее искомую зависимость к теоретической является такое уравнение регрессии, при котором сумма квадратов отклонений эмпирических значений Y от его теоретических, вычисленных по уравнению регрессии, минимальна. Это положение лежит в основе метода наименьших квадратов, используя который можно найти такие коэффициенты (уравнения), при которых уравнение соответствует приведенным условиям. Уравнение регрессии может быть и более высоких степеней. При большом объеме выборок для расчета коэффициентов регрессий следует использовать существующие программы статистической обработки данных на ЭВМ.

2.163. Парный корреляционный анализ следует применять для получения предварительных сведений о связи оползневого процесса с тем или иным фактором, т. е. для предварительной оценки относительного значения отдельных факторов в изменении оцениваемой величины на первом этапе этих исследований.

Поскольку парный корреляционный анализ не дает возможности достаточно точно прогнозировать изменение характеристик оползневого процесса, то для этой цели следует использовать метод множественной корреляции, когда учитывается влияние нескольких природных факторов. Показателями тесноты связи между характеристиками оползневого процесса и характеристиками природных факторов является коэффициент множественной корреляции (R), также принимающий значения от 0 до 1. Значение R^2 можно истолковывать как математически установленную долю вариаций характеристик оползневого процесса, появление которой обязано влиянию изучаемых факторов, а $1-R^2$ как долю, которая не может быть объяснена влиянием этих факторов.

2.164. Методы регрессивного анализа рекомендуется применять для оценки не только связи характеристики с определенной совокупностью факторов, но и тесноты ее связи с отдельными, входящими в анализ факторами. Частные коэффициенты корреляции, рассчитанные при статистической обработке материалов, определяют связь характеристики процесса с каждым из рассматриваемых факторов при исключении влияния других факторов, искажающих эту связь. Методами математической статистики оцениваются точность и достоверность полученных показателей тесноты связи.

2.165. Используя различные сочетания факторов, влияющих на ход оползневого процесса по вычисленным и откорректированным коэффициентам множественной корреляции, можно получить представление о наиболее результативном сочетании природных факторов, а по частным коэффициентам корреляции — об относительной роли каждого из них в развитии оползневого процесса.

2.166. Основным показателем оползневой активности в условиях ЮБК являются данные инструментальных наблюдений за смещением геодезических реперов, установленных на оползневых склонах (проводимых три раза в год). Дополнительной информацией об оползневом процессе могут служить данные наблюдений за маяками, установленными на деформируемых оползнями зданиях и со-

оружениях (замер деформаций маяков следует проводить ежемесячно). Данные инструментальных наблюдений за оползневыми подвижками используются для выявления (при помощи корреляционного и регрессионного анализов) тесноты и характера связи интенсивности оползневого процесса с такими природными факторами, как количество выпавших на оползневой склон атмосферных осадков, колебание уровня грунтовых вод (или расхода источников), интенсивность сейсмических явлений, интенсивность волнения, скорость размыва берегов, аккумуляция и размыв береговых накоплений.

2.167. Хотя оползни (как и большинство других геологических систем) представляют собой нелинейные системы, тем не менее в случаях, когда выборка наблюдений за оползневым процессом мала, при анализе можно применять линейные модели зависимостей. Если же выборка представительна и позволяет получить надежные оценки тесноты связи, рекомендуется исследовать нелинейные аппроксимации зависимостей характеристик оползневого процесса и оползнеобразующих факторов (расчет уравнений второй, третьей и т. д. степеней).

2.168. Для выявления изменения влияния природных факторов на оползневой процесс во времени величины смещения реперов необходимо сопоставить с воздействием факторов в различные сроки: в год наблюдений за смещением, за два, три года и т. д., а деформации маяков на зданиях — с воздействием факторов в тот же месяц, предыдущий, за два, три и т. д. предыдущих. С методической точки зрения, получение системы уравнений как нельзя лучше способствует решению поставленной задачи в случае, когда заранее неизвестны характер и теснота связи процесса как с каждым фактором в отдельности, так и со всеми, вместе взятыми, но требуется их оценить. Такой подход дает возможность выявить взаимоотношения изучаемых процессов во времени и значение каждого фактора в развитии оползневого процесса.

К. ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

2.169. Лабораторное моделирование следует проводить в целях изучения напряженного состояния массивов горных пород, слагающих оползневые склоны ЮБК, выявления в толще пород склона зон дефицита прочности (фактических и потенциальных зон оползневого скольжения), оценки устойчивости склона и уточнения механизма оползневого смещения. Решение всех задач требует применения комплекса методов моделирования.

2.170. С учетом большой сложности геологического строения склонов ЮБК (неоднородность литологического состава коренных и четвертичных склоновых отложений, невыдержанные условия залегания слоев коренных пород и сложное распределение в склоне зон выветривания, неоднородность прочностных и деформативных свойств пород, большая высота и крутизна склонов и др.) проведение моделирования в рассматриваемом регионе отличается большой трудоемкостью, сложностью моделей и требует построения детальных инженерно-геологических разрезов (с отражением на них местоположения и зон разрывных тектонических нарушений, характера и степени нарушенности коренных флишевых пород, строения толщи оползневых накоплений, всех зафиксированных в склоне зон ослабления, а также гидрогеологических условий), а также получения данных о прочностных и деформационных характеристиках пород в пределах всех выделенных в склоне инженерно-геологических элементов.

2.171. Для получения картины распределения напряжений в склоне следует применять методы фотоупругости и тензометрической сетки, позволяющие строить модели неоднородного строения, имитирующие весьма сложные по строению склоны ЮБК, в которых принимают участие породы с различными деформационными свойствами.

2.172. Полученные на моделях данные о напряженном состоянии, а лабораторными и полевыми методами — данные о сопротивлении сдвигу могут быть использованы для расчета величины прочности пород в различных точках массива в нескольких сечениях, т. е. для получения картины распределения прочности в пределах исследуемого склона.

2.173. Сопоставляя распределение напряжений с распределением прочности пород, следует определять степень устойчивости различных участков склона и выявлять зоны дефицита прочности (зоны, где величины скалывающих напряжений близки к величинам прочности пород или же ниже их), которые и являются фактическими и потенциально возможными зонами оползневого смещения в изучаемом склоне.

2.174. Модель оползневого склона ЮБК должна учитывать по возможности точно структурно-тектонические особенности склона (и, в частности, наличие разрывных тектонических нарушений), наличие оползней разных порядков, многослойность оползневых смещений, наличие в толще пород склона нескольких локальных или же выдержанных на большом протяжении зон ослабления (фактических и потенциально возможных зон оползневого скольжения).

2.175. Для проверки рабочей гипотезы о механизме оползневого смещения, определения роли отдельных факторов оползнеобразования (абразии, эрозии, искусственной подсечки и пригрузки склонов) и роли намечаемых для стабилизации оползня противооползневых мероприятий (пригрузка в языке оползня, срезка его головной части и др.) рекомендуется использовать модели из эквивалентных материалов.

2.176. При больших объемах изыскательских работ на первой стадии проектирования и при наличии возможности моделирование целесообразно выполнить до окончания изысканий с тем, чтобы на завершающем этапе изысканий особое внимание уделить выявленным при моделировании участкам максимальной концентрации напряжений и участкам неблагоприятного соотношения между скалывающими усилиями и прочностью пород. Из всех таких участков должны быть отобраны дополнительные образцы пород для изучения их прочностных, деформативных и реологических свойств, а также особенностей микротекстуры и характера структурных связей.

2.177. Для более достоверной оценки степени устойчивости склона и всестороннего учета его состояния данные моделирования следует сопоставлять с данными расчетов устойчивости склона (в соответствующих заданных состояниях).

Л. РАСЧЕТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ

2.178. Для оценки устойчивости оползневых склонов ЮБК, наряду с другими принятыми в инженерной геологии методами, рекомендуется применять также расчетные методы.

2.179. Расчеты, как правило, следует применять при изысканиях, ведущихся для первой стадии проектирования.

2.180. Расчеты рекомендуется использовать для:

сравнительной количественной оценки роли отдельных факторов оползнеобразования в снижении коэффициента устойчивости склона;

оценки устойчивости склона на момент изысканий (с учетом ранее осуществленных на склоне противооползневых мероприятий) и для прогнозирования наиболее неблагоприятных условий устойчивости склона;

обоснования рекомендуемых в отчете противооползневых мероприятий.

2.181. Рекомендуется применять методы, позволяющие вести расчет устойчивости склона относительно поверхности смещения любой формы (установленной или предполагаемой на основе изучения условий залегания и свойств пород):

метод многоугольников сил (Шахунянц);

метод горизонтальных сил (Маслов);

метод последовательного суммирования по отсекам (Петрова-Ясюнас).

Для получения ориентировочных значений K_y при массовых расчетах целесообразно применять методы Маслова и Петровой-Ясюнас как наиболее простые, а для более строгих расчетов — метод Шахунянца.

Примечание. На отдельных крутых участках склонов (абразионных, эрозионных, оползневых уступах, сложенных сравнительно однородными породами), где обычно возникают относительно небольшие оползни срезания, целесообразен метод расчета устойчивости по круглоцилиндрической поверхности смещения.

2.182. Расчеты рекомендуется проводить для оценки как общей устойчивости склона, т. е. возможности образования (или повторной подвижки) оползня первого порядка, так и локальной его устойчивости, т. е. возможности возникновения на теле оползня первого порядка локальных оползней второго и более высоких порядков (за исключением оползней-потоков и оползней-сплывов, для прогноза образования и развития которых рекомендуется пользоваться методами, учитывающими реологические свойства пород). Так как в пределах сложных оползневых систем отдельные их части могут иметь разную степень устойчивости, рекомендуется также выполнять расчеты для разных частей системы с учетом особенностей их строения.

2.183. Расчеты устойчивости оползневых склонов следует производить по всем выявленным или потенциально возможным поверхностям скольжения. В частности, рекомендуется проверять расчетом возможность смещения по поверхности, выходящей в подводную часть склона, или возможность локального среза оползневой толщи в месте наиболее слабого ее сечения.

2.184. Инженерно-геологические разрезы масштаба 1 : 1000 и крупнее, являющиеся геологической основой расчетов, должны содержать следующие данные, необходимые для расчетов:

границы структурных элементов оползневого склона (кровли коренных пород, оползневых ступеней, отчленившихся блоков флишевых и верхнеюрских пород, чехла перекрывающих смещенные блоки «рыхлых» накоплений и пр.);

очертания всех прослеженных в склоне ослабленных зон — фактических и потенциальных зон оползневого смещения: трещин раз-

личного происхождения (оползневых, тектонических, бортового отпора и др.), старых поверхностей оползневого скольжения, поверхностей раздела (коренных пород и склоновых отложений и др.), пластичных глинистых прослоев на контактах с обводненными зонами, зон тектонических нарушений (выделяя особо плоскости смесителей с «зеркалами» скольжения и зоны интенсивного дробления);

участки различного механизма смещения (скольжение, срезание, течение);

расчетные значения показателей физических и прочностных свойств пород (γ, φ, C) для каждого выделенного инженерно-геологического элемента;

положение депрессионной поверхности потока подземных вод (как свободного, так и напорного горизонта), а также наиболее низкое и наиболее высокое положение уровня последних (наблюдаемое или прогнозируемое), мощность обводненной зоны;

очертание поверхности склона (желательно до и после оползневого смещения);

данные об интенсивности абразии (эрозии) за определенный промежуток времени (объем размытых пород, величина отступания подошвы или бровки берегового уступа);

данные о сейсмичности территории в пределах участка (по результатам сейсмического микрорайонирования);

контуры, трассы, сечения пересекаемых разрезом существующих или запроектированных зданий и сооружений (в том числе противооползневых) с указанием их веса и глубины заложения подошвы фундамента.

2.185. Если за период, истекший со времени проведения топографической съемки до проведения изысканий, произошли ощутимые изменения в рельефе поверхности склона, возникает необходимость в проведении специальных топографических работ и, в частности, нивелировки по створам, по которым построены геологические разрезы.

2.186. Разбивку на отсеки при расчетах следует производить с учетом типичного для оползневых склонов ЮБК ступенчатого характера дневной поверхности склона и поверхности оползневого ложа, что дает возможность: выделить активные и относительно пассивные участки (зоны) оползня, оценить устойчивость отдельных участков оползневого склона, обосновать место расположения на склоне противооползневых сооружений.

2.187. Ввиду трудности установления абсолютного (истинного) значения коэффициента устойчивости оползневых склонов (из-за неточности значений входящих в расчет показателей прочности пород, полученных при лабораторных испытаниях) при сравнительной количественной оценке роли отдельных факторов или отдельных противооползневых мероприятий рекомендуется пользоваться методом обратных расчетов. Найденная обратным расчетом, при значении коэффициента устойчивости, равном единице, средняя величина сопротивления сдвигу по поверхности скольжения используется в последующих прямых расчетах для сравнительной оценки роли оползнеобразующих факторов и противооползневых мероприятий.

2.188. Расчетами рекомендуется определять влияние на устойчивость склона следующих факторов:

природных — абразии, эрозии, фильтрационного и гидростатического давления подземных вод (с учетом колебания их уровня

во времени), сейсмических колебаний, разупрочнения или упрочнения пород во времени;

антропогенных — искусственных подсечек и пригрузок склона (отвалами, зданиями, сооружениями, насыпями и др.), искусственного обводнения склона, взрывов (через сейсмический эффект) и др.

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

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

наличия подземных вод, заключенных в отдельных прослоях и линзах водопроницаемого грунта, содержащихся в самой толще оползневых накоплений (несмотря на затрудненные условия фильтрации этих вод, их следует рассматривать при расчетах как единую гидравлически связанную систему, оказывающую гидростатическое и фильтрационное давления на оползневую толщу);

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

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

2.190. Для оценки длительной устойчивости склона и проверки вероятности снижения коэффициента его устойчивости до предельного значения, а также для оценки эффективности проектируемого комплекса противооползневых мероприятий следует проводить расчеты для случаев наиболее неблагоприятных (но реально возможных) условий работы склона с учетом изменений соотношения сдвигающих и удерживающих сил на склоне при:

а) подрезках склона, подмывах, нагружении в верхних частях;

б) неблагоприятных для устойчивости склона воздействиях сезонных (периодических) и эпизодических колебаний влияния отдельных факторов (например, высокого обводнения склона в годы с большим, намного превышающим норму количеством атмосферных осадков, сильных землетрясений);

в) дальнейшем снижении (вплоть до минимальных значений) прочности пород в формирующихся в склоне зонах ослабления;

г) возможном одновременном наложении ряда неблагоприятных для устойчивости склона факторов (например, сильного землетрясения и высокой степени обводненности склона).

2.191. Для ускорения расчетов (связанных с многочисленными громоздкими вычислительными операциями) рекомендуется применение ЭВМ, что позволит: быстро провести большее число расчетов для различных вариантов условий на склоне, повысить точность расчетов за счет исключения возможных механических ошибок при выполнении большого объема и громоздкости математических вычислений, оценить одновременно большое число факторов различными методами.

2.192. Для составления машинной программы расчетов оползневых склонов ЮБК на ЭВМ рекомендуется использовать разработанные в ПНИИИСе алгоритмы (прил. 1).

2.193. Для оценки устойчивости сложных оползневых систем в целом, отдельные участки которых могут значительно отличаться по степени устойчивости, целесообразно пользоваться методом пространственного решения задачи Панюкова.

М. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ИЗЫСКАНИЙ

2.194. Характерная для оползневых склонов ЮБК сложность инженерно-геологических условий (для выяснения которых необходимо выполнение большого объема и сложного комплекса изыскательских работ) требует проведения всестороннего углубленного анализа большого количества полученной при изысканиях информации об оползнях и выражения этой информации в предельно лаконичной и в то же время максимально емкой форме.

2.195. Способы выражения информации об оползнях ЮБК различны в зависимости от степени сложности условий, по которым все оползни ЮБК можно разделить на относительно простые оползни сравнительно небольших размеров и сложные крупные оползневые системы со сложными условиями развития и сложным строением оползневой толщи.

2.196. Для относительно простых оползней комплект графических материалов рекомендуется составлять в соответствии с требованиями «Рекомендаций по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития оползней», но с применением специальных индексов оползневых накоплений.

Применение специальных индексов позволит:

повысить информативность индексов (показать основные этапы истории формирования оползневой толщи, выделить в ней оползни разных порядков и оползни с разными базисами смещения, показать фации оползневых накоплений);

повысить точность стратиграфо-генетического расчленения оползневой толщи и показать взаимоотношения вовлеченных в оползневую подвижку образований;

показать степень активности оползневого процесса, стадию и фазу развития оползневого цикла.

2.197. Основная информация о простом оползне сводится в формулу

$$\frac{T_{\text{б}}^{\text{п}}\, d\, p^{\Phi}\, S}{V\,\dfrac{h}{\alpha_{\text{с}}}\,L\,\dfrac{b_{\text{г}}-b_{\text{с}}-b_{\text{я}}}{m_{\text{г}}-m_{\text{с}}-m_{\text{я}}}\,\dfrac{f_l}{\alpha_l}\,\dfrac{\Phi}{v_{\text{г}}-v_{\text{с}}-v_{\text{я}}}},$$

где T — инженерно-геологический тип оползня;

п — порядок оползня;

б — базис смещения;

ф — фаза развития современного оползневого цикла;

S — стратиграфический индекс оползневых накоплений, отражающий историю развития оползневого склона;

V — объем оползневого тела, м^3; выражается через $a \cdot 10^n$;

h — высота склона, на котором возник оползень, м;

$\alpha_{\text{с}}$ — крутизна поверхности склона, град. (генеральный угол);

L — длина оползня, км;

b — ширина оползня (в головной, средней, языковой частях соответственно), м;

m — мощность оползневых накоплений (в головной, средней, языковой частях соответственно), м;

f_l — форма поверхности оползневого скольжения (обозначается начальной буквой названия поверхности соответствующей формы);

α_l — генеральный угол наклона поверхности скольжения, град.;

Ф — факторы оползнеобразования (обозначаются начальными буквами названий действующих факторов);

v — скорость (средняя) смещения оползня (в головной, средней, языковой частях соответственно), см/год.

2.198. Для сложных оползневых систем, какими являются многие крупные оползни ЮБК, рекомендуется составление специального комплекта графических материалов и структурных формул.

Для сложных оползневых систем составляются структурные формулы: общей структуры (каркаса) системы и полные.

2.199. В формуле общей структуры (каркаса) дается расчленение системы на структурно-тектонические элементы разных порядков. Формулу рекомендуется приводить при составлении тектонической схемы или карты общей структуры (прил. 2).

2.200. Полные структурные формулы (прил. 3) содержат значения основных параметров, характеризующих отдельные элементы и всю систему в целом, а также сведения о тектонических факторах, о литологическом составе оползневых накоплений и исходных пород, о физико-механических свойствах грунтов (путем введения данных по инженерно-геологическим элементам).

Формула дает возможность характеризовать: древнюю и современную оползневую толщу, ее активную и стабилизировавшуюся части, оползневые смещения первого и более высоких порядков, многослойное смещение.

2.201. Комплект графических материалов (карты, разрезы) для сложных оползневых систем должен включать: материалы общего характера, специальные (частные и обобщающие) и вспомогательные.

Материалы общего характера дают общее представление о районе расположения оползневой системы. Наиболее важными из них являются: карты — геологическая, гидрогеологическая, инженерно-геологического районирования, геоморфологическая; детальные инженерно-геологические колонки выработок; сводная инженерно-геологическая колонка участка изысканий.

Специальные материалы относятся непосредственно к оползневой системе и дают представление об инженерно-геологических условиях ее развития в разных аспектах.

Специальные материалы разделяются на частные и обобщающие.

Частные специальные материалы несут информацию по какому-либо одному аспекту развития оползневой системы. К ним относятся: схема тектонических условий развития системы; карты: внутренней структуры оползневой системы, гипсометрии кровли и литологического состава коренных пород, совмещенная с картой зон выветривания, смещенных блоков флишевых пород и зон выветривания в них, зон ослабления, развитых в пределах оползневой системы, микрорайонирования системы по составу факторов оползнеобразования, оползнепроявлений и микрорайонирования системы по механизму оползневого смещения; схематические инженерно-геологические разрезы, иллюстрирующие вышеупомянутые карты и

отображающие внутреннюю структуру тела оползня, распределение в разрезе склона зон ослабления, механизм смещения, гидрогеологические условия и др.

Обобщающие специальные материалы составляются на основе отбора с частных специальных материалов основной информации, необходимой для решения тех или иных инженерных вопросов. К ним относятся: карты — сводная инженерно-геологическая (оползневая), микрорайонирования системы по устойчивости, гидрогеологического микрорайонирования системы, прогноза развития оползневой системы; сводные инженерно-геологические разрезы.

Вспомогательные материалы несут дополнительную информацию, которая может быть необходима для построения специальных (частных и обобщающих) материалов. К ним относятся карты: минерализации, химсостава и температуры подземных вод, распространения отдельных структурно-петрологических элементов (характеристика которых необходима для понимания тех или иных особенностей развития оползневой системы, например карта распространения щебнистых прослоев, используемая для выяснения гидрогеологических условий), проявления отдельных факторов оползнеобразования, распространения отдельных видов зон ослабления (как внутри оползневой системы, так и для территории склона, прилегающей к контуру системы).

2.202. В первую очередь рекомендуется составлять материалы общего характера, во вторую — вспомогательные и специальные частные материалы и в третью — специальные обобщающие.

2.203. На схему тектонических условий развития оползневой системы (см. прил. 2) наносятся:

а) зоны разрывных нарушений и особенности их проявления; участки: с зеркалами скольжения тектонического происхождения, интенсивно раздробленных и милонитизированных пород, повышенного содержания солей (примазки, присыпки) и минералов гидротермального происхождения, поступления подземных вод из коренных пород (в зонах разрывных нарушений) в оползневую толщу и наоборот, пониженного электросопротивления;

б) элементы залегания слоев флишевой толщи и плоскостей сместителей тектонических разрывов;

в) структурно-тектонические блоки разных порядков (по площади им соответствуют структурно-тектонические элементы оползневой системы);

г) знак и направление вертикальных перемещений тектонических блоков;

д) выходы коренных пород на дневную поверхность.

Схема тектонических условий дополняется формулой общей структуры оползневой системы.

2.204. На карте (схеме) внутренней структуры оползневой системы следует показывать:

а) зоны разрывных тектонических нарушений;

б) составные структурно-тектонические элементы оползневой системы;

в) участки с разными типами внутренней структуры тела оползня;

г) сводную таблицу основных структурно-петрологических и инженерно-геологических элементов системы;

д) сводную таблицу основных типов внутренней структуры оползневого тела.

Карта (схема) внутренней структуры дополняется структурной формулой оползневой системы, отражающей состав, количество, взаиморасположение, взаимосвязь составных элементов и их внутреннюю структуру (прил. 3).

2.205. Карта гипсометрии кровли и литологического состава коренных пород, совмещенная с картой зон выветривания, включает:

зоны разрывных тектонических нарушений;

литологические типы коренных пород;

тип и мощность верхней зоны выветривания в пределах каждого тектонического блока (показывается цветом или штриховкой, цифрами); то же, остальных зон выветривания, (показывается цифрами);

участки обводнения (показываются штриховкой);

участки флишевой толщи с прослоями песчаников и алевролитов (показываются штриховкой).

2.206. На карту смещенных (оползневых) блоков флишевых пород, *совмещенную с картой зон выветривания в блоках* (*прил.* 4), наносятся:

зоны разрывных тектонических нарушений и тектонические блоки (переносятся с тектонической схемы);

контуры и номера смещенных блоков флишевых пород (как обнаженных, так и погребенных под толщей «рыхлых» накоплений);

стенки срыва (ниши отрыва) оползневых блоков;

направление первоначального и современного смещения оползневых блоков (показывается стрелками);

тип верхней зоны выветривания в блоках (показывается цветом);

основные характеристики смещенных блоков (приводятся в таблице);

участки обводнения блока;

участки блока с прослоями песчаников и алевролитов.

2.207. На карту (схему) зон ослабления наносятся:

зоны разрывных тектонических нарушений;

площади развития зон ослабления разных типов (при необходимости составляются дополнительно карты распространения отдельных видов зон ослабления);

параметры зон ослабления (отметки кровли и подошвы зон ослабления, их мощность, элементы залегания по всем разведочным точкам;

участки повышенного напряжения пород массива и факторы его обусловливающие.

2.208. На карте (схеме) микрорайонирования оползневой системы по факторам оползнеобразования выделяются:

участки, подвергающиеся воздействию разных факторов или их сочетаний; основной фактор оползнеобразования для каждого из структурных элементов оползневой системы.

2.209. Карта оползнепроявлений и микрорайонирования оползневой системы по механизму смещения составляется с учетом карты внутренней структуры оползневой системы и карты зон ослабления и включает:

зоны разрывных нарушений и тектонические блоки разных порядков;

участки наибольшей концентрации напряжений;

геодезические реперы (марки), направления и углы наклонов векторов их смещения, величины горизонтальной и вертикальной составляющих смещения;

оползневые формы рельефа и оползневые трещины на дневной поверхности (с выделением их типов по Тер-Степаняну);

деформации зданий, сооружений, растительности;

участки системы с разным механизмом смещения;

микрорайонирование оползня по сочетанию типов смещения.

2.210. Сводная инженерно-геологическая карта составляется на основе выбора с частных специальных (реже вспомогательных) карт наиболее важной информации, необходимой для решения конкретных инженерных задач.

2.211. На карте микрорайонирования оползневой системы по устойчивости показывается степень устойчивости различных ее структурных элементов, выраженная через коэффициент устойчивости.

2.212. На карте гидрогеологического микрорайонирования оползневой системы показываются:

зоны разрывных нарушений;

контуры смещенных блоков коренных пород с выделением обводненных блоков и блоков, содержащих прослои трещиноватых алевролитов и песчаников;

участки поглощения подземных вод, заключенных в оползневых накоплениях, коренными породами в зонах разрывных нарушений;

участки подпитывания подземных вод, заключенных в оползневых накоплениях, водами коренных пород в зонах разрывных нарушений;

участки искусственного питания подземных вод;

участки интенсивного движения подземных вод, сложенные породами с относительно высокой фильтрационной способностью;

участки локального скопления подземных вод с затрудненным водообменом, а также западины в тыловых частях оползневых блоков флишевых пород;

участки сообщения отдельных обводненных зон;

места разгрузки обводненных зон;

безводные участки системы;

гидроизогипсы (гидроизопьезы) поверхности подземных вод различных водоносных горизонтов (обводненных зон), построенные с учетом структуры оползневой системы;

данные специальных работ (электроразведки, комплексного каротажа, опытно-фильтрационных работ, индикаторных опытов и др.).

2.213. На карте прогноза развития оползневых процессов выделяются участки:

возможного развития оползневой системы вширь за счет вовлечения прилегающих территорий;

возможного увеличения глубины захвата существующего оползня;

возможного формирования новых зон ослабления (в коренных породах и в теле оползня), за счет которых может произойти объединение уже существующих локальных зон ослабления в единую, создающую возможность крупного смещения;

возможного возникновения оползней второго и третьего порядка, факторы их вызывающие, типы смещений;

предполагаемого развития наибольших деформаций зданий и сооружений и предполагаемый характер деформаций;

наиболее устойчивые (с наименьшей вероятностью оползневых смещений в пределах заданного интервала времени) и наиболее пригодные для строительного использования.

АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТОВ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ (К СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ РОЛИ ОТДЕЛЬНЫХ ОПОЛЗНЕВЫХ ФАКТОРОВ И ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ)

Метод сравнений условно предельного угла φ по Петровой-Ясюнас при $K_y=1$, $C=0$.

1. При отсутствии воздействия подземных вод

1) $B_i = L_i \cos\alpha_i$; 2) $S_i = B_i H_i$; 3) $P_i = S_i \gamma_i$; 4) $T_i = P_i \sin\alpha_i$; 5) $N_i = P_i \cos\alpha_i$; 6) $\Sigma T_i = [T_1 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + T_2] \cos(\alpha_2 - \alpha_3) + T_3 \ldots$; 7) $\Sigma N_i = [N_i \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + N_2] \cos(\alpha_2 - \alpha_3) + N_3 \ldots$;

$$8)\ \operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}} = \frac{\Sigma T_i}{\Sigma N_i}.$$

2. При наличии взвешивающего воздействия подземных вод, но без учета фильтрационного давления

1) $S_i^{\text{в}} = B_i H_i^{\text{в}}$; 2) $P_i^{\text{в}} = P_i - S_i^{\text{в}} \gamma_i^{\text{в}}$; 3) $T_i^{\text{в}} = P_i^{\text{в}} \sin\alpha_i$;

4) $N_i^{\text{в}} = P_i^{\text{в}} \cos\alpha_i$; 5) $\Sigma T_i^{\text{в}} = [T_1^{\text{в}} \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + T_2^{\text{в}}] \cos(\alpha_2 - \alpha_3) + T_3^{\text{в}} \ldots$; 6) $\Sigma N_i^{\text{в}} = [N_1^{\text{в}} \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + N_2^{\text{в}}] \cos(\alpha_2 - \alpha_3) + N_3^{\text{в}} \ldots$;

$$7)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{в}} = \frac{\Sigma T_i^{\text{в}}}{\Sigma N_i^{\text{в}}};\quad 8)\ K^{\text{в}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{в}}}.$$

3. При наличии фильтрационного давления, но без учета взвешивания

1) $W_i^{\Phi} = \gamma^{\text{в}} S_i^{\text{в}} I$; 2) $\Sigma W_i^{\Phi} = [W_i^{\Phi} \cos(\beta_1 - \alpha_1) \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + W_2 \cos(\beta_2 - \alpha_2)] \cos(\alpha_2 - \alpha_3)$;

$$3)\ \operatorname{tg}\varphi^{\Phi} = \frac{\Sigma T_i + \Sigma W_i^{\Phi}}{\Sigma N_i};\quad 4)\ K^{\Phi} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\Phi}}.$$

4. При наличии фильтрационного давления и взвешивания

$$1)\ \operatorname{tg}\varphi^{\Phi+\text{в}} = \frac{\Sigma T_i^{\text{в}} + \Sigma W_i^{\Phi}}{\Sigma N_i^{\text{в}}};\quad 2)\ K^{\Phi+\text{в}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\Phi+\text{в}}}.$$

По формуле ДИИТа:

$$1)\ A_i = \sin(\beta_i - \alpha_i) \cos\alpha_i S_i^{\text{в}} I_i;$$

2) $B_i = \dfrac{\cos\beta_i}{\cos^2\alpha_i} S_i^{\text{в}} J_i$; 3) $\operatorname{tg}\varphi^{\text{ф+в}} = \dfrac{\Sigma\left[(P_i^{\text{в}} + \gamma^{\text{в}} A)\operatorname{tg}\alpha_i + \gamma^{\text{в}} B_i\right.}{\Sigma P_i^{\text{в}} + \gamma^{\text{в}} A}$;

$$4)\ K^{\text{ф+в}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{ф+в}}}.$$

5. При наличии фильтрационного давления

а) с учетом нормальной составляющей фильтрационного давления (при увеличении или уменьшении сил трения)

1) $N_i^{\Phi} = W_i^{\Phi}\sin\beta_i$; 2) $\Sigma N_i^{\Phi} = [N_1^{\Phi}\cos(\beta_1 - \alpha_1)\cos(\alpha_1 - \alpha_2) +$

$$+ N_2^{\Phi}\cos(\beta_2 - \alpha_2)]\cos(\alpha_2 - \alpha_3) + \ldots;$$

$$3)\ \operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}}^{\text{ф+в+м}} = \frac{\Sigma T_i + \Sigma W_i^{\Phi}}{\Sigma N_i \pm \Sigma N_i^{\Phi}};$$

$$4)\ K^{\text{ф+в+н}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл.}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{ф+в+н}}};$$

б) с учетом повышения (понижения) уровня подземных вод на n метров

$$1)\ H_i^{\text{в}} \pm n_{\text{м}} = H_i^{\text{в}'};$$

2) далее аналогично последовательности 2, 3, 4, 5.

6. При наличии абразии

а) с учетом убыли (размыва) пород в нижней пассивной части оползня за n лет

$$1)\ \Sigma N - P^{\text{разм}}\cos\alpha^{\text{разм}};\quad 2)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{разм}} =$$

$$= \frac{\Sigma T_i}{\Sigma N_i - P^{\text{разм}}\cos\alpha^{\text{разм}}};$$

$$3)\ K^{\text{разм}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл.}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{абр.}}};$$

б) с учетом отчленения блока пород в пассивной части оползня

$$1)\ \Sigma N - P^{\text{бл}}\cos\alpha^{\text{бл}};\quad 2)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{бл}} = \frac{\Sigma T_i}{\Sigma N_i - P^{\text{бл}}\cos\alpha^{\text{бл}}};$$

$$3)\ K^{\text{бл}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{бл}}}.$$

7. При наличии сейсмических колебаний

а) с учетом сотрясения 7 баллов ($m_{\text{сотр}} = 0{,}02$)

$$1)\ T^{\text{сейс}} = \Sigma T_i\, 0{,}02;\quad 2)\ N^{\text{сейс}} = \Sigma N_i\, 0{,}02;\quad 3)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{сейс}\ 7} =$$

$$= \frac{\Sigma T_i + T^{\text{сейс}}}{\Sigma N_i - N^{\text{сейс}}};$$

$$4)\ K^{\text{сейс 7}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{сейс}}};$$

б) с учетом сотрясения 8 баллов ($m_{\text{сотр}}=0{,}05$)

$$1)\ T^{\text{сейс}} = \Sigma T_i\, 0{,}05;\quad 2)\ N^{\text{сейс}} = \Sigma N\, 0{,}05;\quad 3)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{сейс 8}} = \frac{\Sigma T_i + T^{\text{сейс}}}{\Sigma N_i - N^{\text{сейс}}};$$

$$4)\ K^{\text{сейс 8}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр. усл}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{сейс}}};$$

в) с учетом сотрясения 7 и 8 баллов и обводнения пород

$$1)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{сейс 7}} = \frac{\Sigma T_i^{\text{взв}} + \Sigma N_i^{\text{ф}} + T^{\text{сейс 7}}}{\Sigma N_i^{\text{в}} - N^{\text{сейс 7}}};$$

$$2)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{сейс 8 обв}} = \frac{\Sigma T^{\text{взв}} + \Sigma W_i^{\text{ф}} + T^{\text{сейс 8}}}{\Sigma N_i^{\text{в}} - N^{\text{сейс 8}}}.$$

8. При наличии берегоукрепительных сооружений

а) с учетом пригрузки нижней пассивной части оползня и увеличения удерживающих сил

$$1)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{б/у}}_{\text{пр.усл}} = \frac{\Sigma T_i}{\Sigma N_i + P^{\text{контр}}\cos\alpha};\quad 2)\ K^{\text{б/у}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл.}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{б/у}}};$$

б) с учетом увеличения удерживающих сил (за счет зацепления)

$$1)\ P^{\text{контр}} f\cos\alpha^{\text{контр}};\quad 2)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{б/у}} = \frac{\Sigma T_i}{\Sigma N_i + P^{\text{контр}}\cos\alpha^{\text{контр}} + P^{\text{контр}} f\cos\alpha^{\text{контр.}}};$$

$$3)\ K^{\text{б/у}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{б/у}}};$$

в) с учетом структурного упрочнения грунта в зоне сдвига

$$1)\ \Sigma L\, C_{\text{средн.}};\quad 2)\ \operatorname{tg}\varphi^{\text{б/у}} = \frac{\Sigma T_i}{\Sigma N_i + P^{\text{контр}}\cos\alpha^{\text{контр}} + P^{\text{контр}} f\cos\alpha^{\text{контр}} + \Sigma L\, C_{\text{средн}}};$$

$$3)\ K^{\text{б/у}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{\text{пр.усл}}}{\operatorname{tg}\varphi^{\text{б/у}}}.$$

Метод горизонтальных сил Маслова

1. При отсутствии воздействия подземных вод

$$1)\ Q_i = P_i \operatorname{tg}\alpha_i;\quad 2)\ \sigma_i = \frac{N_i}{L_i};\quad 3)\ \psi_i = \operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg}\varphi + \frac{C}{\sigma_i}\right);$$

4) $E_i = P_i \operatorname{tg}(\alpha_i - \psi_i)$; 5) $R_i = Q_i - E_i$; 6) $K^{\text{нач}} = \dfrac{\Sigma R_i}{\Sigma Q_i}$.

2. При наличии взвешивающего воздействия подземных вод, но без учета фильтрационного давления

1) $Q_i^{\text{в}} = P_i^{\text{в}} \operatorname{tg} \alpha_i$; 2) $\sigma_i^{\text{в}} = \dfrac{N^{\text{в}}}{L_i}$; 3) $E_i^{\text{в}} = P_i^{\text{в}} \operatorname{tg}(\alpha_i - \psi_i)$;

4) $R_i^{\text{в}} = Q_i^{\text{в}} - E_i^{\text{в}}$; 5) $K^{\text{в}} = \dfrac{\Sigma R_i^{\text{в}}}{\Sigma Q_i^{\text{в}}}$.

3. При наличии фильтрационного давления, но без учета взвешивания

1) $W_i^{\Phi} \cos \beta_i$; 2) $K^{\Phi} = \dfrac{\Sigma R_i}{\Sigma Q_i + \Sigma W^{\Phi} \cos \beta_i}$.

4. С учетом фильтрационного давления и взвешивания

1) $K^{\Phi+\text{в}} = \dfrac{\Sigma R_i^{\text{в}}}{\Sigma Q_i^{\text{в}} + \Sigma W_i \cos \beta_i}$.

5. С учетом повышения (понижения) уровня подземных вод на n метров

1) $H_i^{\text{в}} \pm n_{\text{м}} = H_i^{\text{в}}$; 2) далее аналогично последовательности,

2, 3, 4, 5.

6. При наличии абразии с учетом убыли (размыва) пород в нижней пассивной части оползня за n лет

1) $\sigma^{\text{абр}} = \dfrac{P^{\text{срезка}}}{L^{\text{абр}}} \cos \alpha^{\text{абр}}$; 2) $Q^{\text{абр}} = P^{\text{абр}} \operatorname{tg} \alpha^{\text{абр}}$;

3) $\varphi^{\text{абр}} = \operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg} \varphi + \dfrac{C}{\sigma^{\text{абр}}}\right)$; 4) $E^{\text{абр}} = P^{\text{абр}} \operatorname{tg}(\alpha^{\text{абр}} - \psi^{\text{абр}})$;

5) $R^{\text{абр}} = Q^{\text{абр}} - E^{\text{абр}}$; 6) $K^{\text{абр}} = \dfrac{\Sigma R_i - R^{\text{абр}}}{\Sigma Q_i}$.

7. При наличии абразии с учетом отчленения блока пород в пассивной части оползня

1) $\sigma^{\text{бл}} = \dfrac{P^{\text{бл}}}{L^{\text{бл}}} \cos \alpha^{\text{бл}}$; 2) $Q^{\text{бл}} = P^{\text{бл}} \operatorname{tg} \alpha^{\text{бл}}$; 3) $\psi^{\text{бл}} = \operatorname{arctg} \times$

$$\times \left(\operatorname{tg} \varphi + \frac{C}{\sigma^{\text{бл}}}\right);$$

4) $E^{\text{бл}} = P^{\text{бл}} \operatorname{tg}(\alpha^{\text{бл}} - \psi^{\text{бл}})$; 5) $R^{\text{бл}} = Q^{\text{бл}} - E^{\text{бл}}$; 6) $K^{\text{бл}} =$

$$= \frac{\Sigma R_i - R^{\text{бл}}}{\Sigma Q_i}.$$

8. При наличии сейсмических колебаний:

а) с учетом сотрясения 7 баллов ($m_{сотр}=0{,}02$)

1) $\Sigma Q^{сейс}=\Sigma Q_i\,0{,}02$; 2) $\Sigma R^{сейс}=\Sigma R_i\,0{,}02$; 3) $K^{сейс}=$

$$=\frac{\Sigma R_i-\Sigma R^{сейс}}{\Sigma Q_i+\Sigma Q^{сейс}};$$

б) с учетом сотрясения 8 баллов ($m_{сотр}=0{,}05$)

1) $\Sigma Q^{сейс}=\Sigma Q_i\,0{,}05$; 2) $\Sigma R^{сейс}=\Sigma R_i\,0{,}05$; 3) $K^{сейс}=$

$$=\frac{\Sigma R_i-\Sigma R^{сейс}}{\Sigma Q_i+\Sigma Q^{сейс}};$$

в) с учетом сейсмических колебаний и обводнения пород

1) при сотрясении 7 баллов

$$K^{сейс\ 7}=\frac{\Sigma R_i^{в}-\Sigma R^{сейс\ 7}}{\Sigma Q_i^{в}+\Sigma W_i^{ф}\cos\beta+\Sigma Q^{сейс\ 7}};$$

2) при сотрясении 8 баллов

$$K^{сейс\ 8}=\frac{\Sigma R_i^{в}-\Sigma R^{сейс\ 8}}{\Sigma Q_i^{в}+\Sigma W_i^{ф}\cos\beta+\Sigma Q^{сейс\ 8}}.$$

9. При наличии берегоукрепительных мероприятий с учетом пригрузки нижней пассивной части оползня

1) $\sigma^{б/у}=\frac{P^{контр}}{L^{контр}}\cos\alpha^{контр}$; 2) $Q^{б/у}=P^{контр}\operatorname{tg}\alpha^{контр}$;

3) $\psi^{б/у}=\operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg}\varphi+\frac{C}{\sigma^{б/у}}\right)$; 4) $E^{б/у}=P^{контр}\operatorname{tg}(\alpha^{контр}-$

$-\psi^{б/у})$;

5) $R^{б/у}=Q^{б/у}-E^{б/у}$; 6) $K^{б/у}=\frac{\Sigma R_i-R^{б/у}}{\Sigma Q_i}$.

10. При наличии берегоукрепительных мероприятий с учетом увеличения удерживающих сил

1) $\sigma^{б/у}=\frac{P^{контр}f\cos\alpha^{контр}}{\alpha^{контр}}$; 2) $Q^{б/у}=P^{контр}f\operatorname{tg}\alpha^{контр}$

3) $\psi^{б/у}=\operatorname{arctg}\left(\operatorname{tg}\varphi+\frac{C}{\sigma^{б/у}}\right)$; 4) $E^{б/у}=P^{контр}f\operatorname{tg}(\alpha^{контр}-$

$-\psi^{б/у})$;

5) $R^{б/у}-Q^{б/у}-E^{б/у}$; 6) $K^{б/у}=\frac{\Sigma R_i+R^{б/у}+R^{контр}}{\Sigma Q_i}$.

11. При наличии берегоукрепительных мероприятий с учетом структурного упрочнения грунта в зоне сдвига

1) $C_{средн}=+\Delta C=C'$; 2) аналогично поз. 9, 10.

Обозначения к формулам

α_i — угол наклона следа поверхности смещения, град.;

L_i — длина следа поверхности смещения в пределах отсека, м;

B_i — ширина отсека, м;

S_i — площадь отсека, м^2;

$\gamma_i^{гр}$ — средний объемный вес грунта, т/м^3;

P_i — вес отсека, т;

T_i — тангенциальная составляющая веса пород в пределах отсека, т;

N_i — нормальная составляющая веса отсека, т;

$h_i^{в}$ — средняя высота водонасыщенной части отсека, м;

$S_i^{в}$ — площадь водонасыщенной части отсека, м^2;

$P_i^{в}$ — вес отсека с учетом взвешивания, т;

$T_i^{в}$ — тангенциальная составляющая веса пород в пределах отсека с учетом взвешивания, т;

$N_i^{в}$ — нормальная составляющая веса отсека с учетом взвешивания, т;

β_i — угол наклона равнодействующей гидродинамического давления, град.;

I_i — гидравлический градиент потока подземных вод в пределах отсека;

$\gamma^{в}$ — объемный вес воды;

$W_i^{ф}$ — гидродинамическое давление в пределах отсека, т;

$N_i^{ф}$ — нормальная составляющая фильтрационного давления, т;

$P_{разм}$ — вес размытых пород за n лет, т;

$P_{бл}$ — вес отчленившегося блока в пассивной части оползня, т;

$P^{контр}$ — вес контрбанкета, т;

$T_{i\,восх}$ — тангенциальная составляющая веса пород в пределах отсека на восходящих участках поверхности скольжения, т;

$N^{восх}$ — нормальная составляющая веса пород в пределах отсека на восходящих участках поверхности скольжения, т;

f — коэффициент трения материала по грунту;

$C_{сред}$ — среднее сцепление по поверхности скольжения при учете восстановления сил связности, т/м;

$T_i^{сейс}$ — тангенциальная составляющая действия сейсмических сил в пределах отсека, т;

$N_i^{сейс}$ — нормальная составляющая действия сейсмических сил в пределах отсека, т;

$\varphi_{пр.усл}$ — условно-предельный угол трения для всей поверхности скольжения, град.;

K — относительный коэффициент устойчивости (по отношению к $K=1$) как доля уменьшения или увеличения его от влияния оползнеобразующего фактора или мероприятия;

Q_i — распор в пределах отсека (давление на стенку) при отсутствии в грунте трения и сцепления, т;

σ_i — напряжение от веса грунта в пределах отсека, т/м^2;

Ψ — угол сопротивления сдвигу, град.;

C — сцепление грунта, т/м^2;

φ — угол внутреннего трения грунта, град.;

E_i — непогашенная часть давления грунта в пределах отсека (активное давление), т;

R_i — часть распора в пределах отсека (давление на стенку), воспринимаемая трением и сцеплением в грунте, т;

$K^{нач}$ — исходный коэффициент устойчивости;

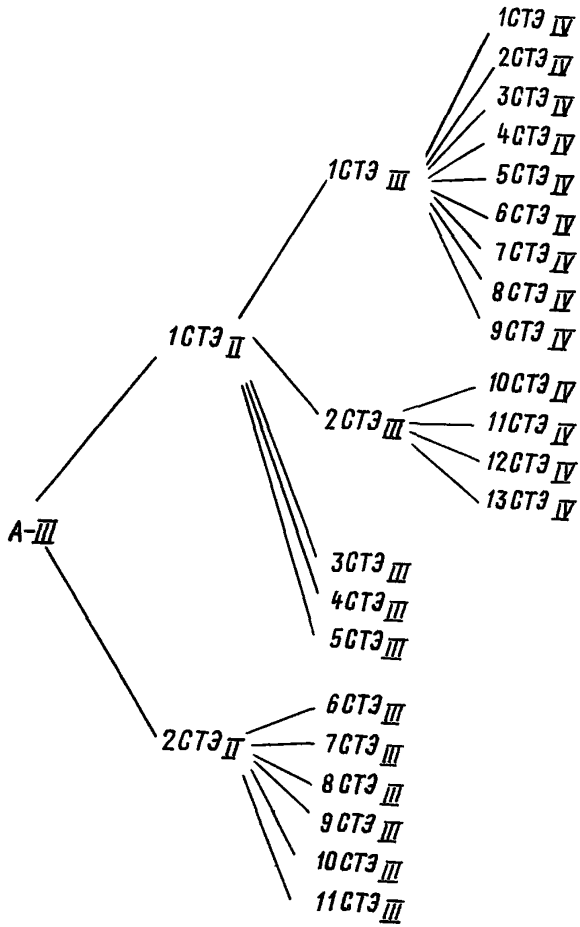
$Q_i^в$ — распор в пределах отсека с учетом взвешивания, т;

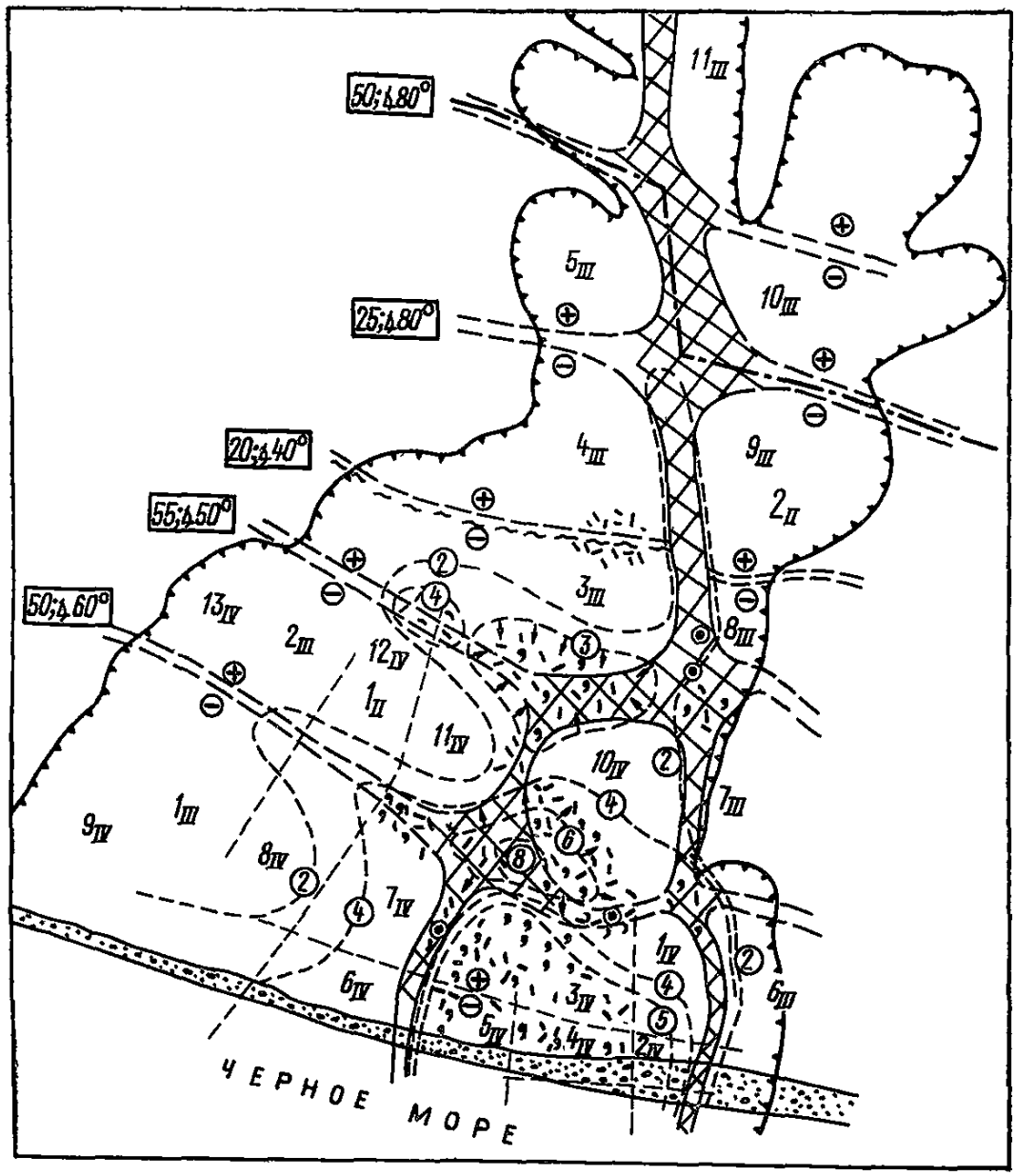
$C_i^в$ — напряжение от веса грунта в пределах отсека с учетом взвешивания, т;

$E_i^в$ — непогашенная часть давления грунта в пределах отсека с учетом взвешивания, т;

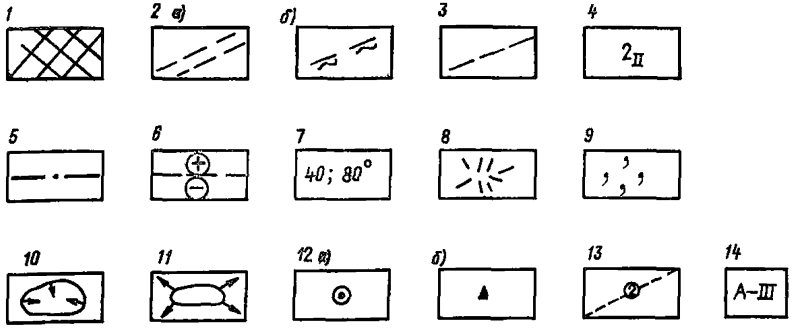
$R^в$ — часть распора грунта в пределах отсека с учетом взвешивания, т;

СХЕМА ТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВОЙ СИСТЕМЫ И ФОРМУЛА ЕЕ ОБЩЕЙ СТРУКТУРЫ



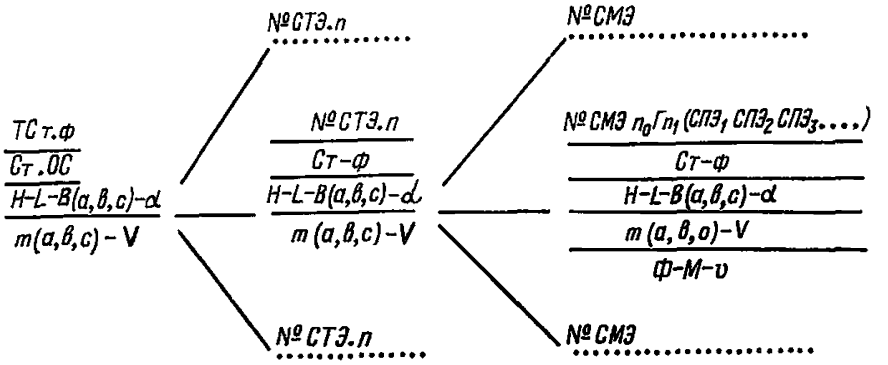

50;↓80°
25;↓80°
20;↓40°
55;↓50°
50;↓60°
11III
5III
10III
4III
9III
2II
3III
8III
13IV
2III
12IV
1II
11IV
10IV
7III
9IV
1III
8IV
7IV
1IV
6IV
3IV
6III
5IV
4IV
2IV
ЧЕРНОЕ МОРЕ

Условные обозначения



1 — зона дробления поперечного разрыва второго порядка; *2* — линии продольных разрывов третьего порядка: *а*) достоверные; *б*) предполагаемые; *3* — линии продольных и поперечных разрывов четвертого порядка; *4* — структурно-тектонические блоки: арабская цифра — номер блока, римская цифра — порядок блока; *5* — граница раздела опускающейся и поднимающейся территорий; *6* — знак относительного перемещения смежных тектонических блоков; *7* — цифры (слева направо): максимальная амплитуда относительного перемещения смежных тектонических блоков, угол наклона видимой поверхности сместителя; *8* — участки повышенной тектонической раздробленности коренных пород таврической серии; *9* — участки зон дробления разрыва с повышенным содержанием белых порошкообразных солей (гипс, тенардит); *10* — участки поглощения зонами тектонических разрывов (в породах таврической серии) подземных вод из оползневых накоплений; *11* — участки подпитывания подземных вод оползневых накоплений водами повышенной минерализации, поступающими из зон дробления и трещиноватости тектонических разрывов; *12* — *а*) буровые скважины, *б*) точки вертикального электрозондирования, зафиксировавшие зоны дробления тектонических разрывов; *13* — изолинии равных величин минерализации подземных вод, вскрытых в коренных породах и смещенных блоках таврической серии; в кружочке величина минерализации, г/л; *14* — индекс оползневой системы: буква — группа системы, цифра — тип системы (в соответствии с типизацией оползневых систем ЮБК по тектоническим факторам оползнеобразования).

ПОЛНАЯ СТРУКТУРНАЯ ФОРМУЛА ОПОЛЗНЕВОЙ СИСТЕМЫ



Обозначения к формуле

ТСт.ф — тип оползневой системы в зависимости от тектонических факторов оползнеобразования;

Ст.*ОС* — стадия оползневого цикла для оползневой системы в целом;

H — высота склона, на котором заложена оползневая система, м;

L — длина оползневой системы, км;

B(*a*, *в*, *c*) — ширина оползневой системы в основных сечениях (в головной, средней и языковой частях), м;

α — крутизна (генеральный угол) поверхности склона в пределах оползневой системы, град.;

V — общий объем смещающихся масс, м³;

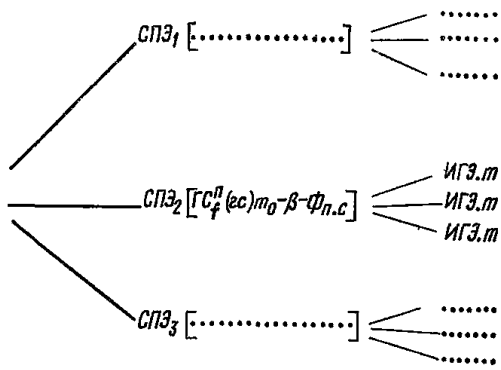
$n_0 Г n_1$(СПЭ$_1$СПЭ$_2$СПЭ$_3$ . . .) — сокращенный индекс типа структуры оползневого тела;

где

n_0 — общее количество структурно-петрологических элементов в составе оползневого тела (арабская цифра впереди индекса);

Г — группа структуры оползневого тела (группа *Р* — оползневое тело представлено рыхлыми накоплениями, группа *Б* — оползневое тело состоит из смещенных блоков коренных пород; группа *РБ* — оползневое тело представлено как рыхлыми грунтами, так и смещенными блоками коренных пород);

n_1 — количество структурно-петрологических элементов, представляющих рыхлые накопления или смещенные блоки;



(СПЭ$_1$СПЭ$_2$...) — индексы структурно-петрологических элементов, которыми сформировано оползневое тело (в соответствии со сводной таблицей структурно-петрологических элементов);

Ст—ф — стадия или фаза оползневого процесса в пределах отдельного структурно-тектонического элемента системы;

Ф — факторы оползнеобразования;

М — механизм смещения;

v — скорость смещения;

№ СМЭ — номер структурно-морфологического элемента;

ГС — генетико-стратиграфический индекс характеризуемых отложений;

(гс) — первоначальный генезис и возраст пород, вовлеченных в оползневое смещение;

f — фация оползневых накоплений;

п — порядок оползневых смещений;

m — мощность пород, составляющих СПЭ;

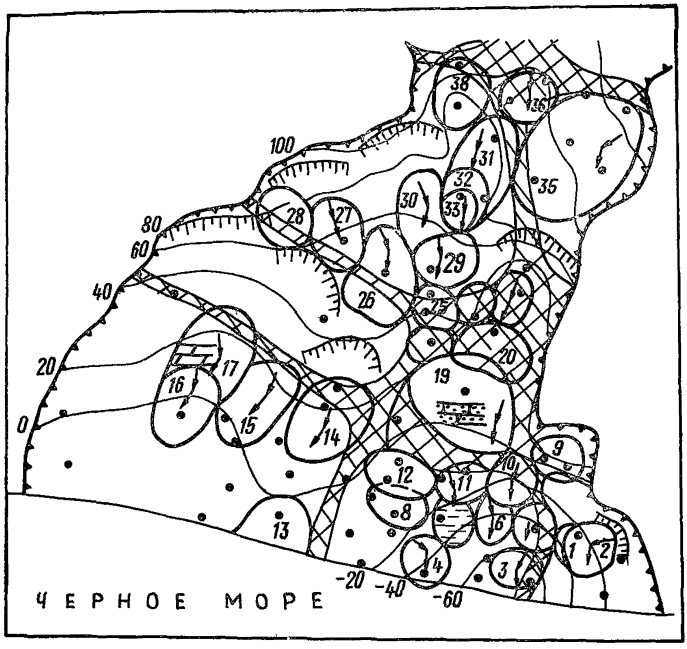
β — угол наклона поверхности скольжения, град.;

Ф$_{п.с}$ — форма поверхности скольжения;

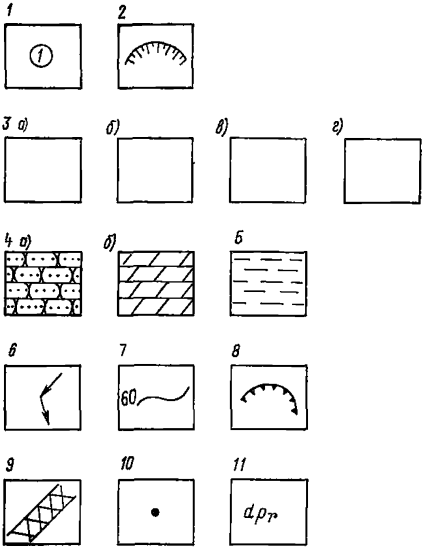
ИГЭ — индекс инженерно-геологического элемента (в соответствии со свободной таблицей для оползневых систем ЮБК);

m — мощность инженерно-геологического элемента.

КАРТА И ТАБЛИЦА ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СМЕЩЕННЫХ БЛОКОВ ФЛИШЕВЫХ ПОРОД



Условные обозначения



1 — контур оползневого блока и его номер; *2* — стенка срыва (ниша отрыва) блока; *3* — тип зоны выветривания, развитой в кровле блока (показывается разным цветом): *а*) первая зона выветривания — глина с полностью разрушенной текстурой материнских пород, *б*) вторая зона выветривания — мелкочешуйчатые аргиллиты с прослоями глин (с реликтами текстуры материнских пород), *в*) третья зона выветривания — мелкочешуйчатые аргиллиты, *г*) четвертая зона выветривания — мелкочешуйчатые аргиллиты с прослоями тонкоплитчатых; *4* — прослои в блоке: *а*) песчаника, *б*) алевролита; *5* — обводненные блоки; *6* — направление смещения блока: верхняя стрелка — первоначального, нижняя — современного; *7* — изогипсы кровли коренных пород; *8* — контур оползня; *9* — зоны тектонических нарушений; *10* — буровые скважины; *11* — индекс зоны оползневого смещения.

Номер блока	Абсолютная отметка кровли, м	Мощность блока максимальная, м	Мощность рыхлых накоплений, м	Типы зон выветривания (римские цифры) и их мощность, м
1	—1,19	32	12,9	I—4,1; IV—12,5 (ядро); III—5; II—5; I—5 (dp_r)
2	—32,5	23	44,21	III—4; IV—4; II—8,5; I—6,5 (dp_r)

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
1. Общие положения 4
А. Специфика природных условий развития оползней на ЮБК 4
Б. Основные вопросы изысканий на оползневых склонах ЮБК 9
В. Рекомендации по общей постановке изысканий на ЮБК 12
Г. Требования к составлению программы изысканий . 14
2. Рекомендации по проведению изыскательских работ 15
А. Инженерно-геологическая съемка 15
Б. Проходка горных выработок и буровых скважин . 18
В. Геофизические исследования 21
Г. Исследования свойств грунтов лабораторными и полевыми методами 28
Д. Опытно-фильтрационные работы 35
Е. Стационарные наблюдения за режимом подземных вод на оползневых склонах 38
Ж. Стационарные наблюдения за оползневыми подвижками 41
З. Гидрометеорологические работы 44
И. Статистические методы исследования оползневых процессов 48
К. Лабораторное моделирование 50
Л. Расчеты устойчивости оползневых склонов . . . 51
М. Камеральная обработка материалов изысканий . . 55
Приложение 1. Алгоритмы расчетов устойчивости оползневых склонов 60
Приложение 2. Схема тектонических условий развития оползневой системы и формула ее общей структуры . . . 67
Приложение 3. Полная структурная формула оползневой системы 70
Приложение 4. Карта и таблица основных характеристик смещенных блоков флишевых пород 72

ПНИИИС Госстроя СССР

**РУКОВОДСТВО
ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ
НА ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНАХ
ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА**

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Г. А. Жигачева
Редактор С. В. Беликина
Мл. редакторы Л. Н. Козлова, М. А. Жарикова
Технические редакторы В. Д. Павлова, Н. Г. Бочкова
Корректоры М. Ф. Казакова, Е. А. Степанова

Сдано в набор 22.XII. 1977 г. Подписано в печать 24.III. 1978 г.
Т-07020 Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 3
4,20 усл. печ. л. (5,80 уч.-изд. л.)
Изд. № XII — 7598 Зак. № 2 Тираж 5000 экз. Цена 30 коп.

Стройиздат
103006, Москва, Каляевская, 23а

Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, 25

gost.e-ecolog.ru