ПНИИИС Госстроя СССР

Рекомендации

по инженерно-геологической типизации оползневых склонов применительно к задачам оценки устойчивости и инженерной защиты

Москва 1984

Производственный
и научно-исследовательский институт
по инженерным изысканиям в строительстве
(ПНИИИС) Госстроя СССР

Рекомендации

по инженерно-геологической типизации оползневых склонов применительно к задачам оценки устойчивости и инженерной защиты

Москва Стройиздат 1984

УДК 624.131.1+624.131.537

Рекомендованы к изданию секцией научно-технического совета отделения инженерно-геологических исследований ПНИИИС.

Рекомендации по инженерно-геологической типизации оползневых склонов применительно к задачам оценки устойчивости и инженерной защиты /ПНИИИС Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984. 80 с.

Содержат общие принципы инженерно-геологической типизации оползневых склонов. Даны примеры типизации для склонов в пределах речных долин равнинных, предгорных и горных областей, а также морских побережий равнинных и горно-складчатых областей.

Инженерно-геологическую типизацию оползневых склонов рекомендуется выполнять на регионально-геологической основе.

Для инженерно-геологических работников изыскательских организаций.

Табл. 1, ил. 59.

Р–$\frac{3202000000 - 742}{047(01) - 84}$ Инструкт.-нормат. 1 вып. – 30–83

© Стройиздат, 1984

ПРЕДИСЛОВИЕ

Интенсивное освоение оползневых склонов явилось причиной резкой активизации оползней. На современном этапе проектирования, строительства, эксплуатации территорий с учетом защиты геологической среды от вредных последствий активизации оползней появилась необходимость найти способ ликвидации многообразия оползней.

Противооползневая защита склонов часто выполняется без учета совместной работы среды формирования оползня, факторов, его вызывающих, и инженерных сооружений. Это приводит к тому, что на оползневых участках склонов выполняются дорогостоящие защитные мероприятия, которые не повышают устойчивость склона, а, наоборот, вызывают ее снижение.

В настоящее время накоплен большой опыт описания оползней, условий и механизма их формирования. В литературе имеется много различных региональных по механизму смещения и общих генетических классификаций оползней и склонов. Их анализ доказывает, что типизация оползневых склонов должна выполняться на регионально-геологической основе. Поэтому для типичных регионов Советского Союза были установлены региональные и зонально-климатические особенности формирования оползневых склонов. Для каждого из типичных оползневых участков восстанавливалась палеогеодинамическая обстановка образования оползней, что позволило установить причины образования оползней на одних участках и отсутствие их на других.

В работе использованы материалы Киевского геолого-разведочного треста, Министерства коммунального хозяйства УССР, институтов Киевпроект, Укргипрокоммунстрой, Гипрокоммунстрой, ВСЕГИНГЕО, Геологических наук АН УССР, Одесского противооползневого управления, Крымской гидрогеологической станции, Главгеологии УССР.

Рекомендуемые принципы инженерно-геологической типизации отражают существенные связи между условиями, интенсивностью формирования, масштабом проявления оползней и их устойчивостью. Они справедливы для оползневых склонов всей территории Советского Союза.

Рекомендации разработаны ПНИИИС Госстроя СССР [канд. геолого-минералогических наук Н.Л. Шешеней, инженерами Ю.П. Соколовым (п.2.14–2.22), О.А. Крамаренко (п.3.17–3.25)].

1. ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ

1.1. Под инженерно-геологической типизацией оползневых склонов следует понимать научно обоснованное сведение многообразия оползневых склонов к небольшому числу их с целью экономически оправданного выбора соответствующего комплекса противооползневых мероприятий применительно к намечаемым видам освоения склонов. Теоретическим обоснованием инженерно-геологической типизации является сравнительно-геологический анализ. При этом обобщение не означает усложнения. Производится лишь отбор наиболее важных и существенных для устойчивости оползневых склонов признаков.

1.2. Инженерно-геологическую типизацию оползневых склонов применительно к задачам прогноза их устойчивости и инженерной защиты рекомендуется выполнять на регионально-геологической основе. Считается, что регион, который характеризуется определенным формационным набором отложений, сформировавшихся в одинаковых тектонических условиях и измененных при одинаковом режиме и направленности новейших и современных тектонических движений, а также при сходных климатических условиях, будет иметь вполне определенный набор инженерно-геологических типов оползневых склонов.

1.3. В один инженерно-геологический тип рекомендуется объединять оползневые склоны, которые:

сложены одним набором литологических или петрографических типов пород в одинаковой степени трещиноватых и вторично измененных процессами выветривания и разгрузки;

располагаются в пределах одинаковых элементов складчатых структур, а также в одинаковых частях структурно-тектонических блоков и, ограничивающих их, разрывных нарушений одного порядка. К одинаковым элементам складчатых структур относятся ядро, шарнир, крылья антиклинальных или синклинальных складок. Структурно-тектонические блоки и разрывные нарушения одного порядка имеют одинаковые протяженность, ширину и степень тектонического изменения пород вокруг основных сместителей и внутри структурного блока, одинаковый возраст, интенсивность и знак новейших и современных тектонических перемещений. Установлена всеобщая планетарная зависимость объемов оползней и интенсивности развития оползневых склонов от интенсивности и знака неотектонических перемещений структурных блоков;

имеют одинаковую обводненность пород, слагающих склоны, и условия дренирования грунтовых и подземных вод оползневыми склонами.

1.4. Согласно требованиям п. 1.3, инженерно-геологические изыскания в пределах оползневых склонов рекомендуется начинать с анализа современных складчатых и разрывных структур и пространственного положения изучаемых оползневых склонов по отношению к названным структурам. Анализ начинают с изучения больших структур, характерных для всей формационной зоны, и кончают изучением малых структур, типичных для такого тектонического блока, который имеет в современном рельефе одинаковые абсолютные отметки древней платообразной элювиальной поверхности выравнивания. Эти блоки испытывали в новейшую и современную эпохи тектонические перемещения в виде единого целого.

1.5. При описании разрывных нарушений устанавливают их относительный возраст (каледонского, герцинского или кайнозойского времени заложения), периоды активизации и амплитуды подвижек по ним, особенно в неотектонический этап. Замеряются элементы залегания нарушений и элементов складок и их соотношение с направлением и крутизной оползневых склонов, протяженность нарушений и ширина тектонического изменения пород вокруг главных сместителей, расстояния между основными сместителями, элементы залегания и соподчиненность трещин оперения основных сместителей, подробно изучаются степень тектонического изменения пород в зоне влияния нарушений и повторные мине-

ализации пород, сместителей и трещин в зонах разрывов.

1.6. Классифицирование разрывных нарушений рекомендуется выполнять согласно схеме:

нарушения первого и второго порядка – глубинные разломы и их оперения, ограничивающие структурно-формационные зоны и испытывающие активизацию подвижек во все этапы геологической жизни зоны; их протяженность составляет сотни километров, а ширина зоны тектонического изменения пород – 10–15 км;

нарушения третьего порядка – разрывы протяженностью десятки километров с зоной тектонического изменения пород в сотни метров; амплитуда новейших перемещений по ним равна 1,5–2 км. Они состоят из серии субпараллельных трещин – сместителей, кулисообразно заменяющих друг друга и отстоящих друг от друга в среднем на 20–40 м;

нарушения четвертого порядка – разрывы протяженностью в несколько километров, и с шириной зоны тектонического изменения пород в десятки метров; амплитуда неотектонических перемещений по ним равна сотни метров; зона состоит из серии трещин-сместителей, секущих массивы пород в среднем через 12–15 м;

нарушения пятого порядка – разрывы протяженностью до 1–2 км с зоной тектонического изменения пород в несколько метров и с амплитудой новейших перемещений в десятки метров; они состоят из серии субпараллельных трещин-сместителей, отстоящих друг от друга в среднем на 7,5–10,5 м;

нарушения шестого порядка – крупные региональные тектонические трещины протяженностью в сотни метров и с шириной зоны тектонического изменения пород до 2 м.

Порядок структурных блоков соответствует порядку разрывов, их ограничивающих.

1.7. Этапы формирования оползневых склонов и активизации на них оползней увязываются с основными этапами неотектонических перемещений структурно-тектонических блоков того порядка, для которого изучаемая территория испытывала в новейший этап тектонические перемещения как единый блок. Для территории Советского Союза такими этапами следует считать верхний плиоцен (N_2), реже олигоцен (P_3), первая и вторая половины нижне- (Q_1^1, Q_1^2), средне - (Q_2^1, Q_2^2), верхнечетвертичного (Q_3^1, Q_3^2) и голоценового (Q_4^1, Q_4^2) времени.

При выделении инженерно-геологических типов оползневых склонов, сформированных в структурах с разными отметками их современных поверхностей, рекомендуется учитывать также характер перемещений данных структур в указанные этапы неотектонических движений. Необходимо помнить, что периодам резкой активизации новейших поднятий структурных блоков соответствуют периоды резкой активизации оползней. Кроме того, неравномерные дифференцированные поднятия блоков с перекосом обусловливают места интенсивного бокового эрозионного или абразионного подмыва пород склонов. Таким образом, воссоздание палеогеодинамической обстановки развития рельефа и оползневых склонов является необходимым требованием изысканий. В противном случае не может быть выполнена достоверная оценка современного состояния оползневых склонов с прогнозом его изменения и, как следствие, не может быть проведена научно обоснованная инженерно-геологическая типизация оползневых склонов применительно к задачам их прогноза и инженерной защиты.

1.8. Объединение оползневых склонов, находящихся в одинаковых структурно-тектонических и гидрогеологических условиях, по признаку однотипности литолого-генетических или петрографических типов пород, слагающих склоны, следует выполнять, руководствуясь такими основными положениями:

для склонов, сложенных дисперсными отложениями, у которых преобладают ионно-электростатические и молекулярные структурные связи, степень их литификации, обводненность, минеральный состав тонкодисперсной составляющей грунтов, состав примесей и наличие в них органического вещества. Так, например, глинистые грунты твердой консистенции *Na*-монтмориллонитового состава при взаимодействии с водой сильно набухают (давление набухания около 0,48 МПа) и приобретают свойство текучести; при статических и динамических воздействиях они обладают свойством тиксотропии. Глинистые грунты любого минерального состава твердой консистенции, содержащие более 3 % примесей гипса, пирита и органического вещества, при взаимодействии с водой приобретают свойство незатухающей ползучести; этими же свойствами обладают глинистые грунты при взаимодействии со щелочными или кислыми водами.

Водонасыщенные тонкозернистые и пылеватые пески, содержащие более 5 % глинистых частиц монтмориллонитового состава и органического вещества, при статических и динамических нагрузках обладают тиксотропными плывунными свойствами. Аналогичными свойствами обладают водонасыщенные дисперсные грунты с защемленными газообразными соединениями, продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, которые могут создать давление в поровой воде до 0,4 МПа.

Дисперсные грунты с большой пористостью со слабыми структурными связями, малой влажностью и малой гидрофильностью, малым содержанием глинистых частиц, но с высоким содержанием крупной пыли при взаимодействии с водой легко размываются, обладают просадочными свойствами и образуют на склонах "просадочные" оползни и оползни течения. Дисперсные грунты с сульфатными, карбонатными и железистыми соединениями при взаимодействии с водой выщелачиваются, а в приконтактных зонах с грунтовыми или подземными водами в них образуются ослабленные зоны, к которым могут быть приурочены поверхности смещения оползней. Сыпучие, слюдистые разнозернистые пески являются суффозионно неустойчивыми, легко размываются поверхностными водами с образованием на склонах оползней течения. Разнозернистые водонасыщенные пески с преобладанием в них тонких и пылеватых разностей и с прослоями глинистых грунтов на участках выхода подземных вод на поверхность склонов обладают повышенной суффозионной неустойчивостью; на этих участках образу-

ются оползни выплывания, сплывы, оплывины или оползни – потоки;

для склонов, сложенных породами с кристаллизационными структурными связями (осадочные сцементированные, химические и биохимические, магматические, метаморфические) – петрографический состав пород и примесей, тип и состав цемента, структурно-текстурные особенности пород, степень их изменения процессами выветривания и разгрузки. Например, сцементированные обломочные породы с глинистым контактным типом цемента и с кремнистым базальным составят разные типы оползневых склонов. Склоны, сложенные флишевыми и флишоидными отложениями, в составе которых преобладают песчаники или аргиллиты также следует отнести к разным инженерно-геологическим типам. Более устойчивыми к выветриванию и смещению являются породы с массивной текстурой. Напротив, породы слоистые, листоватые, пузырчатые, ноздреватые менее устойчивы к выветриванию и в большей степени подвержены смещению со склонов;

типы оползней по механизму смещения, объемы и интенсивность их проявления при равных структурно-тектонических и гидрогеологических условиях во многом будут определяться соотношениями в толще отложений, слагающих склоны, пород с вышеназванными специфическими составом и свойствами. Следовательно, при выделении оползневых склонов по данному признаку необходимо руководствоваться следующим правилом: оползни парагенетически связаны с определенными комплексами пород, слагающих склоны.

1.9. Объединение оползневых склонов, сформированных при одинаковых структурно-тектонических условиях и вскрывших одинаковый набор отложений, в инженерно-геологические типы по признаку гидрогеологических условий рекомендуется выполнять согласно положениям:

породы, слагающие склоны, содержат одинаковое количество горизонтов грунтовых и подземных вод;

грунтовые и подземные воды имеют примерно одинаковые водообильность, напоры, уклоны поверхностей их пьезометрических уровней, выщелачивающую агрессивность к породам, их примесям и к цементу;

склоны одного инженерно-геологического типа вскрывают одни и те же горизонты грунтовых и подземных вод примерно на одинаковых отметках и имеют одинаковые условия для поверхностного стока дренируемых вод;

карбонатные, сульфатные и железистые соединения в грунтовых и подземных водах на участках их выхода на поверхность выпадают в осадок и кольматируют породы приповерхностных частей склонов, что создает местные (локальные) подпоры вод и является причиной катастрофических оползней течения. Построенные на этих склонах дренажные сооружения и установленные фильтры для перехвата таких вод подвергаются быстрой кольматации, а сами сооружения оказываются неэффективными;

участки склонов, в породах которых грунтовые или подземные воды имеют повышенное по сравнению с другими участками, содержание сульфатных соединений и свободной углекислоты (наряду с повышенным содержанием сухого остатка), также должны быть выделены в отдельный инженерно-геологический тип. Эти участки являются признаком для выделения формирующихся или уже сформированных поверхностей смещения оползней.

1.10. Склоны одного инженерно-геологического типа могут иметь несколько подтипов, которые рекомендуется выделять по следующим признакам; соотношения зон ослабления в массиве пород с простиранием и крутизной склона; геоморфологических особенностей склона; климатических условий и силового воздействия на склоны процессов эрозии и абразии.

1.11. Соотношение разрывных нарушений одного порядка или иных зон ослабления в массиве пород (например, слабые глинистые или суффозионно неустойчивые прослои грунтов, литогенетические контакты и зоны произошедших гравитационных смещений пород) с простиранием и крутизной склонов является признаком, по которому в отдельные инженерно-геологические подтипы целесообразно выделять оползневые склоны, образованные в пределах влияния: глубинных разломов I–II порядков, субпараллельных к склону (угол между простиранием склонов и разломом составляет $\alpha = 0–30^{o}$), то же, но косых к склону ($\alpha = 30–60^{o}$); то же, но субперпендикулярных к склону ($\alpha = 60–90^{o}$); разрывов III и IУ порядков, субпараллельных к склону; то же, но косых к склону; то же, но субперпендикулярных; разрывы У и УI порядков, субпараллельных к склону; то же, но косых; то же, но субперпендикулярных к склону; узлов пересечения разломов I и II порядков; то же, но разрывов III–IУ порядков; то же, но У–УI порядков.

Поверхности ослабления, отчленяющие блоки пород от основного массива, по соотношению их с крутизной склонов рекомендуется разделять на боковые, тыловые поверхности отчленения и подошвенные поверхности смещения. К первым относятся те из них, которые имеют угол падения 70° и больше. Тыловые поверхности отчленения образуют субпараллельные к склону нарушения. Они практически не оказывают сопротивления смещению оползня, а их роль в устойчивости склонов оценивается показателем прочности пород зоны ослабления на разрыв. Субперпендикулярные и косые к склону зоны разрывов образуют боковые поверхности смещения, а субпараллельные к склону зоны нарушений с углами падения менее 70° следует считать подошвенными поверхностями смещения, по которым происходит скольжение блоков пород. Роль поверхностей смещения в устойчивости склона оценивается через показатели сопротивления пород срезу (или сдвигу): сцепление и угол внутреннего трения.

1.12. Соотношение поверхностей ослабления в массиве и их число предопределяют типы ниш отрыва и смещения оползней и должно учитываться при выделении инженерно-геологических подтипов оползневых склонов. Рекомендуется выделять склоны, в пределах которых оползни отчленены: одной подошвенной, двумя боковыми поверхностями смещения и одной тыловой поверхностью отчле-

нения; двумя боковыми поверхностями смещения, падающими навстречу друг другу и одной тыловой поверхностью отчленения; подошвенной и двумя боковыми, падающими навстречу друг другу, поверхностями смещения и одной тыловой поверхностью отчленения; двумя боковыми и двумя подошвенными поверхностями смещения, падающими навстречу друг другу.

К склонам одного подтипа следует также относить оползневые склоны, имеющие одинаковый набор вышеперечисленных соотношений поверхностей отчленения и смещения.

1.13. Геоморфологические особенности склонов и возраст отдельных их частей относятся к числу главных признаков, которые рекомендуется учитывать при выделении инженерно-геологических подтипов оползневых склонов.

Склоны одного подтипа должны иметь одинаковые профили в плане, возраст тех частей склонов, где отмечены оползни, а также высоту и крутизну склонов. При этом следует различать прямолинейный, выпуклый, вогнутый, ступенчатый, выпукло-вогнутый (вогнутость внизу), вогнуто-выпуклый (выпуклость внизу), ступенчато-выпуклый и ступенчато-вогнутый профили оползневых склонов. Этот признак в какой-то мере характеризует стадию развития склонов и воздействия на него процессов глубинного и бокового эрозионного или абразионного размыва пород.

Оползневые склоны с вогнутостью внизу и вогнутые опираются на пойму или на надпойменные террасы и, как следствие, не испытывают бокового эрозионного или абразионного размыва пород в их основании. Склоны вогнутого профиля в природных условиях являются относительно устойчивыми. Локальная активизация повторных подвижек на этих склонах возможна только на участках дренирования склоном грунтовых и подземных вод или под воздействием хозяйственной деятельности человека. Это склоны с выработанным профилем равновесия. Напротив, склоны с выпуклым профилем следует относить к категории неустойчивых и потенциально неустойчивых. Прямолинейный профиль имеют склоны, находящиеся в природных условиях в стадии динамического равновесия.

При выделении подтипов по признаку возраста отдельных частей склонов следует руководствоваться правилом: оползневые склоны одного возраста парагенетически связаны с соответствующими периодами активизации восходящих неотектонических перемещений структурных блоков. Следовательно, в один подтип объединяются склоны только тех возрастов, которые сформировались в период активизации восходящих движений. Выделенные по данному признаку подтипы в пределах одного инженерно-геологического типа оползневых склонов будут иметь примерно одинаковую мощность, степень выветривания и разгрузки пород, а следовательно, одинаковую вероятность образования оползней заданных объемов и частоты их проявления.

1.14. Зонально-климатические условия развития склонов имеют большое значение при активизации современных приповерхностных оползневых смещений типа оплывин, сплывов, потоков с захватом верхних горизонтов элювиально-делювиальных, старых оползневых, обвально-осыпных и пролювиальных образований. Отмеченные оползни парагенетически связаны с климатическими зонами, поэтому оползневые склоны, сформированные в пределах разных климатических зон, целесообразно объединять в отдельный подтип инженерно-геологического типа. При выделении оползневых склонов в разные подтипы по данному признаку необходимо учитывать показатели климатических условий:

продолжительность и количество единовременно выпадающих твердых и жидких осадков. Важно знать также величины поверхностного стока, дополнительного обводнения пород в приповерхностных частях склонов, аккумуляции осадков в понижениях рельефа;

амплитуды суточных и годовых колебаний температуры, суммарную месячную солнечную радиацию;

продолжительность, скорость и направление ветров, которые обуславливают интенсивность процессов абразии и эрозии посредством усиления волнового режима рек, озер, водохранилищ и морей;

глубину сезонного промерзания и протаивания грунтов, скорость протаивания на склонах разной экспозиции;

величину повышения уровней воды в реках и других водоемах, появление временных водотоков; интенсивность плоскостного смыва и эрозионного размыва пород поверхностными атмосферными водами;

скорость выветривания пород разного минералогического состава и состояния в приповерхностных частях склонов разной экспозиции и в разных климатических зонах.

1.15. Силовое воздействие на оползневые склоны процессов речной и овражной эрозии, а также абразии морей, озер, водохранилищ оказывает существенное влияние на активизацию оползней в прибрежных частях склонов глубиной до 100 м. Поэтому данный признак рекомендуется учитывать при выделении в пределах определенных инженерно-геологических типов подтипов оползневых склонов. Такое выделение необходимо выполнять на основании следующих показателей: скоростей отступания бровки оползневого уступа в склонах; величины отмыва пород в основании склонов; ширины бичевника и высоты клифов (береговых уступов).

1.16. Перечисленные в пунктах 1.3–1.15 признаки характеризуют условия развития и устойчивость оползневых склонов на момент времени, когда получены названные признаки. В зависимости от их соотношения между собой каждый инженерно-геологический тип или подтип оползневых склонов в естественных условиях будет иметь вполне определенную устойчивость. Поэтому логическим завершением инженерно-геологической типизации оползневых склонов должна быть оценка современной устойчивости склонов каждого типа или подтипа и рекомендуемый рациональный комплекс противооползневых мероприятий по их стабилизации. Эта оценка базируется на сравнительно-геологическом анализе вышеперечисленных признаков в пределах оползневых склонов с известной и неизвестной устойчивостью.

1.17. Сравнительно-геологический анализ для оценки устойчивости и прогноза развития оползневых склонов рекомендуется выполнять совместно с методами:

обратных расчетов;

многофакторного корреляционного (последовательный регрессионный) анализа;

гармонического анализа для прогноза развития приповерхностных оползней типа течения, активизация которых обусловлена затяжными или ливневыми водообильными дождями и таянием скоплений снега на склонах;

распознавания образов, используя такие алгоритмы: реализующие байосово правило минимизации среднего риска; дискриминантных функций; потенциальных функций, реализующие рекуррентные процедуры построения разделяющих гиперповерхностей в пространстве признаков; типа "обобщенный портрет", которые сводятся к построению специальных разделяющих гиперповерхностей, обладающих некоторыми экстремальными свойствами; реализующие идею преобразования пространства признаков с тем, чтобы в новом признаковом пространстве происходило более обоснованное разделение оползневых склонов на категории по степени их устойчивости; нахождения информативных весов природных аналогов; голосования по тупиковым тестам и по выборкам длины k.

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ РЕЧНЫХ ДОЛИН РАВНИННЫХ ОБЛАСТЕЙ

2.1. Принципы инженерно-геологической типизации оползневых склонов отражают существенные связи между условиями, интенсивностью формирования и масштабом проявления оползней. Они являются едиными для оползневых склонов всей территории Советского Союза. Поэтому в настоящих Рекомендациях предлагается инженерно-геологическая типизация только наиболее типичных и хорошо изученных оползневых склонов, образованных в пределах:

речных долин равнинных областей. В качестве типичных выбраны склоны долин рек Днепра, Ворсклы, Волги, Оби и Ангары;

речных долин предгорных областей (территория Кодр Молдавской ССР);

морских побережий равнинных областей на примере Черноморского побережья Одессы и побережья Азовского моря;

морских побережий горно-складчатых областей на примере оползневых склонов Черноморского побережья Южного берега Крыма;

речных долин горно-складчатых областей на примере долины реки Нарын.

2.2. Речные склоны равнинных областей имеют свои отличительные особенности формирования. Они, в первую очередь, обусловлены значительно меньшей, по сравнению с предгорными и горно-складчатыми областями, интенсивностью новейших и современных тектонических движений структурных блоков данных территорий, а также весьма низкой их сейсмической активностью. Влиянием сейсмичности на развитие оползней на этих склонах можно пренебречь. Следствием первой является вторая особенность: породы, вскрытые склонами, имеют значительно меньшую степень литифицированности. Это предопределило их повышенную способность к размыву под воздействием поверхностных вод; песчаные и супесчаные разности пород суффозионно неустойчивые, а глинистые набухают под влиянием воды и приобретают свойство развития текучепластичных деформаций в массиве, сложенном данными грунтами. Кроме того, характерной особенностью состава глинистых грунтов являются включения известковистых конкреций, кристаллов и друз гипса, пирита, которые при взаимодействии с водой выщелачиваются, способствуя тем самым образованию зон ослабления.

2.3. Чаще поверхности смещения оползней на указанных склонах приурочены к слабым глинистым прослоям мягко, — текучепластичной консистенции, к суффозионно неустойчивым пескам или лессовым образованиям, к лигнитизированным прослоям. Названные поверхности смещения имеют горизонтальное залегание.

2.4. Оползневые склоны имеют длительную историю своего развития. Активизация оползней и их интенсивность наблюдаются только лишь на участках и в этапы повышенных новейших и современных дифференцированных тектонических поднятий территории. Причем они формировались в пределах подмываемых правобережных склонов. Несмотря на то, что за новейший и современный этап тектонических перемещений правобережные склоны на некоторых участках отступили до 20 км, они всегда были крутыми и высокими, а урезы рек здесь были на более низких отметках по сравнению с современным врезом. Поэтому часто древние оползневые накопления перекрыты более молодыми современными речными или оползневыми образованиями.

2.5. Оползневые склоны речных долин в пределах равнинных территорий сформировались в основном в среднечетвертичное, реже в верхнечетвертичное время. Для этих периодов были характерны крупные по объему смещения блоков и пакетов пород к уровню древних переуглублений, которые определили оползневой рельеф указанных склонов. В современную эпоху резко преобладают повторные смещения с захватом древних оползневых накоплений или смещения в верхних частях склонов в пределах крутых стенок отрыва древних оползней.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ НА ТЕРРИТОРИИ КИЕВА (ПРАВОБЕРЕЖНЫЕ СКЛОНЫ ДОЛИНЫ ДНЕПРА)

2.6. Оползневые склоны территории Киева можно объединить в два инженерно-геологических типа с двумя подтипами каждый (приложение).

В первый тип включены оползневые склоны, сформированные в пределах территорий, которые испытывали в новейший и современный этап максимальные для региона скорости восходящих движений с максимально поднятыми (отметка плато 170–200 м) в современном рельефе структурными

блоками. К их числу относятся, например, блоки, располагающиеся на склонах долины Днепра в центральной части территории Киева. Объёмы, интенсивность проявления и типы оползней по механизму смещения на склонах данного инженерно-геологического типа предопределены набором литолого-генетических комплексов пород и гидрогеологическими условиями: верхнечетвертичные (Vd_{III}) лессы и лессовидные супеси, легко размываемые водой; среднечетвертичные флювиогляциальные пески (f_{II}^{3}), обладающие коллоидной активностью, равной 0,63; среднечетвертичные моренные суглинки (g_{II}^{2}) твердой и полутвердой консистенции; среднечетвертичные подморенные флювиогляциальные пески (f_{II}^{2}); нижнечетвертичные пресноводные суглинки (l_{I}), легко размываемые водой, пластичной и текучей консистенции, содержащие первый горизонт агрессивных к бетону нормальной плотности подземных вод; нижнечетвертичные бурые глины ($prQ_{I}^{1,3}$), размокаемые и набухающие в воде, полутвердой и тугопластичной консистенции, трещиноватые; нижне-верхненеогеновые пестрые глины ($N_{1-2}ps$) полутвердой и тугопластичной консистенции; нижненеогеновые пески, песчаники, песчанистые глины полтавской свиты (N_1pl), размываемые водой, суффозионно неустойчивые; верхнепалеогеновые пески (с прослоями песчаников и глинистых песков) харьковской свиты (P_3hr), размываемые водой, суффозионно неустойчивые, содержащие второй водоносный горизонт сульфатных вод.

Сульфатные соединения способствуют быстрой кольматации фильтров и дренажных оползневых систем, поэтому дренажи в этих водах часто являются неэффективными; среднепалеогеновые наглинки, мергели или спондиловые глины и пески киевской свиты (P_2kv). Наглинки размываются водой, суффозионно неустойчивые; среднепалеогеновые пески бучакской свиты (P_2bc), залегающие в основании склонов. Оползни приурочены к приповерхностной зоне выветривания и разгрузки пород мощностью до 20 м.

2.7. Склоны первого инженерно-геологического типа по признаку соотношения зон ослабления с простиранием и крутизной склона подразделяются на два подтипа: А и Б.

К подтипу А относятся оползневые склоны, зонами ослабления в которых являются нижнечетвертичные бурые глины ($prQ_{I}^{1,3}$), нижне-верхненеогеновые высокодисперсные жирные пестрые глины ($N_{1-2}ps$) и наглинок киевской свиты (P_2kv), имеющие горизонтальное залегание и находящиеся при естественных условиях в мягко-, текучепластичной консистенции. При дополнительном замачивании водой глины приобретают способность к пластическим деформациям текучести, легко размываются, а наглинок при длительном взаимодействии с водой является суффозионно-неустойчивым. Поэтому оползни в нижних частях склонов с поверхностью смещения по наглинкам имеют меньшее развитие по сравнению с оползнями в верхней части склона с поверхностью смещения по бурым и пестрым глинам. Для данного подтипа характерны блоковые срезающие и пластические оползни. Склоны имеют высоту до 110 м, крутизну 15–45°, ступенчато-выпуклый профиль, подмываются рекой и в природных условиях являются неустойчивыми. Для прогноза их развития наиболее перспективным следует считать сравнительно-геологический анализ с применением многофакторного регрессионного анализа. Современная устойчивость отдельных частей склона может быть оценена такими расчетными методами: метод обратных расчетов, метод прислоненного откоса.

К подтипу Б первого инженерно-геологического типа относятся оползневые склоны, зонами ослабления в которых являются суффозионно неустойчивые пески харьковской свиты на участках, где склоном вскрыт II водоносный горизонт подземных вод. Здесь формируются оползни выплывания, которые имеют небольшое распространение в пределах склонов данного типа. Для оценки возможности их образования необходимо определить по участкам-аналогам те величины критических градиентов скоростей потока подземных вод, которые обусловили образование оползней.

Для склонов первого типа характерны повторные оползни – сплывы, оплывины, потоки, которые приурочены к приповерхностной зоне весьма интенсивного выветривания пород. В смещение вовлекаются элювиально-делювиальные образования в оползневых накоплениях на склоне со средней глубиной захвата 2–3 м. Около 80 % оползней данного типа связаны с периодами продолжительных водообильных дождей (см. гр. 11 прил.) Их активизация связана также с локальными утечками поверхностных бытовых вод. Прогноз развития этих оползневых склонов наиболее эффективен с помощью гармонического анализа рядов наблюдений за оползнями и количеством единовременно выпадающих осадков, а также с помощью теории распознавания образов и сравнительно-геологического анализа.

Для обеспечения устойчивости оползневых склонов данного инженерно-геологического типа рекомендуется комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.8. Оползневые склоны второго инженерно-геологического типа включают в себя склоны, которые сформированы в пределах относительно поднятых в современном рельефе структурных блоков с отметкой плато 140–170 м. Для территории Киева к таким блокам относятся, например, подольский и залаврский оползневые участки. Образованию оползней здесь способствовало сочетание таких литолого-генетических комплексов пород и гидрогеологических условий: верхнечетвертичные лессы и лессовидные супеси и суглинки, легко размываемые водой с горизонтом верховодки, воды которой дренируются во многих местах склоном в основании уступа плато (Vd_{III}): нижне-, верхненеогеновые пестрые глины ($N_{1-2}ps$), твердые, слабо трещиноватые; нижненеогеновые пески с прослоем каолинитовых глин полтавской свиты (N_1pl); верхнепалеогеновые пески харьковской свиты (P_3hr), содержащие горизонт (второй) подземных вод; суффозионно неустойчивые среднепалеогеновые мергельные глины киевской свиты, сильно трещинова-

тые ($P_2 kv$); среднепалеогеновые пески бучакской свиты ($P_2 bč$). Оползни приурочены к приповерхностной зоне выветривания и разгрузки со средней мощностью захвата пород склона 6 м и образуются на участках выхода на поверхность вод верховодки и второго водоносного горизонта.

В отличие от склонов первого инженерно-геологического типа, в разрезе данных оползневых склонов практически отсутствуют четвертичные отложения, с которыми связано большинство оползней на склонах, объединенных в первый тип. Лессовые образования здесь непосредственно залегают на нижне-, верхненеогеновых пестрых глинах или на нижнеогеновых глинах полтавской свиты. Поэтому интенсивность проявления и объемы оползневых смещений со склонов второго типа значительно меньшие, чем на склонах первого типа.

2.9. В пределах склонов второго инженерно-геологического типа, также как и в пределах первого обособляются два подтипа: А и Б. Оползневые склоны подтипа А имеют ступенчато-вогнутый профиль, неподмываемые рекой и опираются на пойму или на первую, реже на вторую, надпойменную террасу. Зоны смещения оползней на склонах данного подтипа приурочены к кровле или к зонам трещиноватости мергельных глин, где грунты под воздействием вод харьковского горизонта постепенно выщелачиваются, приобретая свойство к текучепластичным деформациям и образованию оползней блокового типа (оползни срезающие и пластические). Кровля мергельных глин имеет горизонтальное залегание, а зоны трещиноватости могут иметь наклон в сторону склона под углом 5–10°. Высота склонов колеблется в пределах 50–80 м, а угол падения 10–40°.

Способность лессов и лессовидных образований интенсивно выветриваться и размываться водой обуславливает образование из их уступов (высотой до 15 м) малых по объему обвалов. С водами верховодки в лессах связаны также просадочные оползни. На участках выхода вод верховодки и второго горизонта на поверхность склона в обвально-оползневых накоплениях формируются повторные оползни, сплывы, оплывины и потоки.

В природных условиях оползневые склоны данного подтипа являются в современную эпоху локально неустойчивыми за счет эпизодически проявляющихся отмеченных оползней течения. Периоды активизации таких подвижек связаны с периодами водообильных ливневых или затяжных дождей, имея эффект запаздывания до двух лет. Для их прогноза наиболее эффективным методом следует считать гармонический и сравнительно геологический анализ.

Обеспечение необходимой устойчивости указанных локальных частей склонов может быть достигнуто за счет проведения комплекса противооползневых мероприятий (см. гр. 16 прил.).

2.10. Оползневые склоны подтипа Б второго инженерно-геологического типа имеют ступенчато-выпуклый профиль, интенсивно подмываются рекой, а их высота колеблется в пределах 40–80 м при крутизне в 16–45°. Дополнительно к вышеописанным типам оползней здесь образуются также оползни выплывания, формирование которых связано с суффозионным выносом песчаных и пылеватых частиц в грунтах харьковской свиты на участках выхода на поверхность склона вод второго водоносного горизонта. В природных условиях склоны этого подтипа являются неустойчивыми. Для оценки и прогноза изменения устойчивости склонов рекомендуются методы: обратных расчетов; определения критических градиентов потока подземных вод на участках их выхода на поверхность; сравнительно-геологический анализ с применением многофакторных корреляционных моделей регрессионного и гармонического анализа.

Для повышения устойчивости оползневых склонов подтипа Б рекомендуется комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения). Дренаж подземных вод выполнять не рекомендуется, так как высокое содержание сульфатных соединений в водах вызывает быструю кольматацию фильтров и дренажных оползневых систем.

2.11. Формирование и распространение оползневых склонов отмеченных инженерно-геологических типов в пределах территории Киева парагенетически связано с характером и знаком неравномерных новейших и современных тектонических перемещений территории, с литолого-генетическими комплексами пород и степенью их обводненности. Эта региональная закономерность отражает пространственную приуроченность оползней к специфическим для территории особенностям неотектонических подвижек, вещественного состава пород и их состояния и является теоретическим обоснованием для объединения оползневых склонов в инженерно-геологические типы. Наибольшее количество оползней возникло на склонах максимально поднятых в современном рельефе структурных блоков. Интенсивность проявления оползней уменьшается с уменьшением отметок поверхности плато в такой последовательности: максимальное развитие оползни имели в пределах центрального оползневого участка со средними отметками плато 178–198 м (первый инженерно-геологический тип, см. приложение), а минимальное – на склонах Залаврского участка со средними отметками плато 140–180 м (второй инженерно-геологический тип, см. приложение). Для относительно опущенных структурных блоков, к которым относится вся левобережная часть долины Днепра (или западная зандровая долина), оползневые процессы не характерны.

Отсутствие в разрезе склонов нижнечетвертичных пресноводных суглинков (l_I) и бурых глин ($pr\ Q_I$), как это имеет место для склонов второго инженерно-геологического типа (см. приложение), исключило условия для формирования в верхних частях склонов оползней блоков и пакетов пород. Их нет также и на склонах, где лессовые образования (Vd_{III}) перекрывают непосредственно нижне-верхненеогеновые пестрые глины ($N_{1-2}ps$) или глины полтавской свиты ($N_1 pl$). С верховодкой связаны просадки лессовых грунтов, их обрушения и последующие смещения в виде оползней – потоков и оплывин. Первый водоносный горизонт, приуроченный к двум пропласткам пресноводного суглинка (l_I^4, l_I^1), является одной из основных

закономерностей, определяющих пространственное распространение оползней блокового типа в верхней части склонов. На участках, где грунтовые и подземные воды дренируются склонами, происходит значительная активизация оползневых подвижек в элювиально-делювиальных и в оползневых образованиях.

2.12. Для территории Киева в долине Днепра отчетливо установлена приуроченность оползней к определенным литолого-генетическим комплексам пород и климатическим условиям территории. Установлено, что в пределах склонов, сложенных верхнечетвертичными лессовыми образованиями, развито около 37 % оползней, зафиксированных за последние 100 лет. Аналогично к нижнечетвертичным бурым глинам приурочено 13 % оползней; к среднечетвертичным моренам и пескам харьковской свиты – по 7 %; к нижнечетвертичным пресноводным суглинкам – 5 %; к нижненеогеновым отложениям полтавской свиты – 4 %; к среднечетвертичным надморенным и подморенным пескам – по 2 %; к спондиловым глинам среднего палеогена киевской свиты – около 1 %. Данная эмпирически установленная закономерность позволяет сформулировать закон—оползни парагенетически связаны с определенными литолого-генетическими и петрографическими комплексами пород.

2.13. Роль климатических особенностей формирования оползней выражается в виде закона: интенсивность проявления и объемы приповерхностных оползней типа потоков, оплывин, сплывов определяются климатическими условиями территории.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛТАВЫ (ПРАВОБЕРЕЖНЫЕ СКЛОНЫ ДОЛИНЫ ВОРСКЛЫ)

2.14. Оползневые склоны территории Полтавы в пределах правого берега Ворсклы рекомендуется объединить в один инженерно-геологический тип с тремя подтипами (см. приложение).

2.15. Оползневые склоны сформированы в пределах относительно поднятых в современном рельефе Полтавской равнины структурно-тектонических блоков с отметкой лессового плато 140 м. Они имеют длительную историю своего развития, которая началась в период отступления валдайского ледника. С понижением базиса эрозии в этот период долина Праворсклы врезалась в отложения харьковской свиты ($Pg_3\,hr$), а на ее склонах начали интенсивно развиваться оползневые процессы.

2.16. Формирование оползней на правобережных склонах Ворсклы и бортах многочисленных балок предопределялось следующими особенностями литолого-генетического состава пород, грунтовых и подземных вод, вскрытых склонами:

средне-, верхнечетвертичные лессы и лессовидные суглинки с прослоями погребенной почвы (Vd_{I-II}). Грунты интенсивно выветриваются с образованием в зоне элювия друз и стяжений гипса. При взаимодействии с поверхностными водами они легко размываются, а также приобретают свойство плывунности и являются суффозионно неустойчивыми. С лессами связаны многочисленные оползни течения, особенно в пределах склонов подтипов Б и В (см. приложение). Мощность покровных образований достигает 15 м. К нижней части разреза приурочен горизонт грунтовых вод, мощность которого не превышает 3 м и который дренируется оползневыми склонами на отметке 123–125 м. В прослоях первого горизонта погребенных почв на глубине 3–3,5 м от поверхности встречаются также грунтовые воды типа верховодки. Их появление связано как с водообильными дождями, так и с хозяйственной деятельностью человека. Активизация современных оползней на рассматриваемых склонах отмечается на участках выхода на поверхность склонов вод отмеченных горизонтов;

нижнечетвертичные красно-бурые глины (prQ_I), размокаемые и набухающие в воде, полутвердой и тугопластичной консистенции, трещиноватые. Они служат водоупором для грунтовых вод в покровных образованиях. Поэтому в кровле грунты имеют мягко-, текучепластичную консистенцию. В пределах склонов подтипа Б в указанной зоне контакта грунтовых вод с глинами формируются поверхности смещения оползней течения;

нижне-, верхненеогеновые пестрые глины ($N_{1-2}\,ps$), синевато-черные, участками с зеленоватым оттенком, полутвердой и тугопластичной консистенции, трещиноватые. В зонах трещин грунты имеют мягко-, текучепластичную консистенцию. К таким зонам приурочены поверхности смещения оползней течения в пределах оползневых склонов подтипа Б (см. приложение). Мощность толщи глин 11–12 м; нижненеогеновые мелкозернистые кварцевые пески полтавской свиты ($N_1\,pl$), постепенно переходящие в пески верхнего палеогена берекской свиты ($Pg_3\,br$). К пескам берекской свиты приурочен горизонт подземных вод. Он не выдержан по мощности и по простиранию, дренируется бортами балок, питая своими водами многочисленные ручьи. Общая мощность песков достигает 25 м;

верхнепалеогеновые темно-серые углистые глины берекской свиты ($Pg_3\,br$) мощностью 0,8–1,3 м. Они служат относительным водоупором подземных вод в песках, а на участках размыва глин отмеченные воды имеют гидравлическую связь с подземными водами в песках харьковской свиты ($Pg_3\,hr$). При взаимодействии с водами глины приобретают способность к развитию деформаций незатухающей ползучести. Эта способность грунтов предопределила формирование в них поверхностей смещения оползней выдавливания на участках склонов подтипа А. Оползни при смещении выпахивали в песках берекской свиты глубокие ложбины, которые в настоящее время заполнены блоками смещенных лессов, красно-бурых и пестрых глин;

верхнепалеогеновые мелкозернистые, глинистые, глауконитовые зеленовато-серые пески и песчаники харьковской свиты ($Pg_3\,hr$). Кровля отложений возвышается над урезом реки на 8–10 м.

2.17. Оползневые склоны подтипа А имеют ступенчатые профили в плане. Их высота достигает 70 м, а крутизна изменяется от 10 до 30°. Они подмываются рекой, имеют верхнечетвертичный и современный возраст. В природных условиях оползневые склоны данного подтипа в настоящее время являются относительно устойчивыми. Это объясняется

тем, что древние и старые сместившиеся блоки пород стабилизированы, так как эрозионная деятельность рек и оврагов весьма слабая. Однако различного рода подрезки склонов внизу, их пригрузки, значительное обводнение пород склонов способны вызвать резкую активизацию оползней. В смещение могут быть вовлечены частично или все старые и древние оползневые накопления на склоне. Поэтому хозяйственному и инженерному освоению склонов подтипа А должны предшествовать противооползневые мероприятия (см. гр. 16 приложения).

2.18. Оценка изменения устойчивости склонов подтипа А под воздействием антропогенных факторов выполняется методами, перечисленными в гр. 15 приложения.

2.19. Оползневые склоны подтипа Б имеют ступенчато-вогнутые профили в плане (вогнутость внизу), современный возраст, высоту до 70 м при крутизне 15–35°. Они опираются на пойму или могут подмываться рекой. Для склонов характерны первоначальные оползни выдавливания блокового типа, которые в ходе смещения и обводнения смещающихся пород поверхностными, грунтовыми или подземными водами переходят в оползни течения. В природных условиях они относятся к категории неустойчивых. Активизация оползней в пределах склонов подтипа Б связана в основном с повышением уровня грунтовых вод в лессах и подземных вод в песках берекской свиты. Это повышение может быть вызвано продолжительными водообильными дождями или антропогенными причинами. Поводом для катастрофических смещений пород со склонов могут служить дополнительные статические или динамические нагрузки на склоны.

2.20. Для повышения устойчивости склонов подтипа Б рекомендуется выполнить комплекс противооползневой защиты (см. гр. 16 приложения). Оценка устойчивости указанных склонов выполняется методами (см. гр. 15 приложения).

2.21. Оползневые склоны подтипа В имеют прямолинейно-вогнутые в плане профили, современный возраст, высоту до 70 м при крутизне 15–45°. Склоны не подмываются рекой, опираются на пойму или надпойменные террасы. Они образуются на участках, где нижнечетвертичные красно-бурые глинистые грунты имеют Na -монтмориллонитовый состав и где склонами дренируются грунтовые воды в покровных образованиях. По механизму смещения здесь образуются оползни течения. В природных условиях склоны подтипа В следует считать локально неустойчивыми. Для повышения устойчивости склонов рекомендуется комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения). Динамические нагрузки на склонах следует исключить, ограничив, где это необходимо, скорость движения транспорта. Оценка устойчивости склонов данного типа выполняется теми же методами, что и склонов подтипа Б.

2.22. Активизация оползневых процессов в настоящее время вызвана естественными и антропогенными изменениями гидрогеологических и гидрологических условий, а также нерациональным освоением склонов. Эрозионная деятельность рек и ручьев невысокая, активизация ее в паводковые периоды кратковременна. Этим объясняется преобладание среди исторических оползней типа течения. Оползни выдавливания блокового типа в настоящее время имеют ограниченное распространение. Они резко преобладали в верхнечетвертичное время. В современном рельефе древние оползни четко просматриваются даже в пределах городской территории, где оползневые склоны сглаженные, уположенные, с задернованными стенками отрыва.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ ДОЛИНЫ ВОЛГИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. УЛЬЯНОВСКА

2.23. Оползневые склоны в пределах территории г. Ульяновска рекомендуется объединить в три инженерно-геологических типа (см. приложение).

Первый тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой плато 215 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

сложно построенная переслаивающаяся толща нижнемеловых отложений готеривского (K_1h), барремского (K_1b), аптского (K_1ap) и альбского (K_1al) ярусов. Они имеют горизонтальную слоистость с чередованием тонких прослоев (0,5–2,0 см) песчанистых плотных глин, глинизированного песка мощностью до 2,8 м. Породы разбиты многочисленными тектоническими трещинами. Глины монтмориллонит-гидрослюдистого состава с примесью органических веществ, пирита и глауконита. Грунты такого состава при взаимодействии с водой способны переходить в пластичное и текучее состояние, чувствительны к щелочным и кислым водам, сильно набухают при увлажнении и дают усадку при высыхании; это региональная особенность глин, предопределившая формирование на склонах оползней. Барремские глины при взаимодействии с водой мгновенно размокают. Неустойчивыми к воде являются также прослои песков. Глины аптского и альбского ярусов размокают в воде на 8-е сутки. Грунты обладают способностью интенсивно выветриваться со скоростью 0,8–1,0 м/год. Мощность зоны выветривания пород с изменением минералогического, химического состава и структурно-текстурных особенностей достигает 15 м. К этой зоне приурочены оползни с захватом пород от 2–3 м до 15 м; пять горизонтов подземных и один горизонт грунтовых вод. Воды в барремских отложениях для склонов данного инженерно-геологического типа наиболее водообильные, однако они не дренируются склонами. Их влияние на формирование оползней сказывается в резком изменении свойств и состояния глин в приконтактных зонах водоупора, где грунты из твердой консистенции превращены в текучепластичную. К таким зонам приурочены поверхности смещения оползней скольжения и пластических в виде блоков и пакетов пород. Воды в аптских отложениях встречены в прослое известняков, имеют напор до 8,6 м и дренируются склонами на отметке 140–110 м. С выходами этих вод на поверхность

связано образование оползней течения. Три горизонта в альбских отложениях также напорные и дренируются склонами. Горизонт грунтовых вод в оползневых накоплениях вызывает резкую активизацию повторных смещений.

2.24. Оползневые склоны первого инженерно-геологического типа характеризуются особой историей своего развития. Интенсивность и объемы проявления на них оползней строго подчинены интенсивности и направленности новейших и современных тектонических перемещений структурных блоков. В конце плиоцена (N_2) отмеченные структурные блоки испытывали активизацию восходящих движений (отметки древних платообразных поверхностей выравнивания достигали 240 м), результатом чего явились интенсивные оползни на склонах древних русел рек Симбирки, Свияги, Волги, Каменки, а также оврагов (Соловьева и другие). Оползнями были захвачены отложения верхнего мела, которые практически полностью смещены оползнями. Вторая активизация оползней приурочена к микулинскому веку среднечетвертичного времени (Q_2mk), а третья – к голоценовому времени (Q_4). С периодами активизации восходящих движений структурных блоков и развития оползней тесно связано усиление процессов глубинной и боковой эрозии правобережных склонов долин рек Волги и Свияги. На этих склонах отмечена максимальная для региона интенсивность оползневых процессов.

2.25. Склоны первого инженерно-геологического типа имеют ступенчатый профиль, высоту 180–185 м при средней крутизне 18–22°. Оползневые стенки отрыва (и до пяти оползневых уступов) имеют высоту 25–55 м при крутизне 40–45°. В нижней части склоны имеют абразионный уступ высотой 2–22 м. Склоны до создания Куйбышевского водохранилища интенсивно подмывались рекой, в результате чего скорость отступания бровки плато составляла более 0,5 м/год. После создания водохранилища интенсивность развития оползней резко возросла за счет большой скорости переработки берегов, которая за 11 лет составила в среднем 3–6 м/год, достигая на некоторых участках 11 м/год. Максимальная интенсивность проявления процессов абразии на отмеченных склонах бывает при ветрах северо-восточного направления, которые обеспечивают длину разгона волны до 75 км.

Ступенчатый профиль склона с межоползневыми западинами создает благоприятные условия для аккумуляции атмосферных осадков и дополнительного увлажнения грунтов, слагающих склон. Поскольку грунты легко размокают в воде и размываются водой, то продолжительные водообильные дожди вызывают активизацию оползней течения с захватом элювиально-оползневых образований. В природных условиях склоны данного типа неустойчивые.

Для повышения их устойчивости рекомендуется комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.26. Оценка устойчивости и прогноз развития оползневых склонов данного инженерно-геологического типа рекомендуется выполнять методами обратных расчетов и прислоненного откоса; сравнительно-геологический анализ с применением многофакторного корреляционного анализа, дискриминантных функций и гармонического анализа (для прогноза оползней течения и оползней в нижних частях склонов, главной причиной образования которых будет абразия Куйбышевского водохранилища).

Примером склонов данного типа являются оползневые склоны долины Волги в пределах северной части территории г. Ульяновска до спуска С. Перовской.

2.27. Второй инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых (для данного региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой 120 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

толща верхненеогеновых отложений домашкинской свиты (N_2dm), представленная разнозернистыми песками, суффозионно неустойчивыми, легко размываемыми водой. На участках распространения этих грунтов в местах выхода подземных вод на поверхность формируются оползни выплывания. Их катастрофические смещения вызываются интенсивным суффозионным выносом песчаных частиц;

сложно построенная толща нижнемеловых отложений, представленная на этих склонах альбским (K_1al), аптским (K_1ap), барремским (K_1b) и готеривским (K_1h) ярусами. Толща альбских отложений состоит из плотных слоистых глин твердой консистенции (верхняя часть разреза) и переслаивания разнозернистых слюдистых водообильных песков и слоистых глин (нижняя часть разреза). С данной толщей связаны смещения блоков и пакетов пород (оползни скольжения), а также повторные смещения типа сплывов, оплывин и потоков;

аптские отложения в верхней части разреза состоят из переслаивающихся слоистых глин, песчаных глин и разнозернистых песков; в средней части разреза вскрыты плотные слоистые глины твердой консистенции с 5-метровым слоем мергелей. В нижней части вновь переслаивание песчанистых глин и твердых слоистых глин. Грунты набухают в воде и дают усадку при высыхании. С грунтами связано формирование пластических оползней при условии подмыва склонов рекой или водохранилищем;

барремские отложения представлены песчанистой глиной с прослоями разнозернистых водообильных песков. Грунты мгновенно размокают в воде, поэтому на участках выходов подземных вод на поверхность или локального их замачивания другими поверхностными водами образуются оползни течения;

готеривские глины залегают в нижних частях склонов и ниже уреза Волги. Это плотные слоистые образования твердой консистенции с пиритом, кристаллами гипса и железистыми конкрециями. В зонах тектонической трещиноватости и дробления породы обводнены и превращены в мягко-, тугопластичное состояние;

шесть горизонтов подземных вод, приуроченных к двум выдержанным по простиранию и мощности прослоям песков в альбских отложениях. Воды дренируются склонами, образуя мочежины и заболоченность и вызывая эпизодическую активизацию повторных смещений типа сплывов, потоков, оплывин в древних оползневых накоплениях; к мергелям аптских отложений, дренируемых склонами и вызывающие значительные по величине гидродинамические давления на породы в приповерхностных частях склонов; к пескам барремских отложений, выходы которых на поверхность перекрыты верхнепалеогеновыми, средне-, верхнечетвертичными оползневыми накоплениями; к готеривским глинам (трещинные воды).

2.28. Развитие оползневых склонов второго инженерно-геологического типа в плиоцен-четвертичное время отличается от склонов первого типа. Первый этап активизации оползневых процессов здесь так же начинается в акчагыле (N_2ak), когда территории испытывали поднятия, сопровождаемые сильной эрозионной расчлененностью. В среднечетвертичное время (Q_2) Волга смещается к востоку, что продолжается и в верхнечетвертичное время (Q_3). Склоны не подмываются рекой, а в голоцене (Q_4) формируется пойма и резко уменьшается интенсивность образования на этих склонах оползней.

2.29. Оползневые склоны второго инженерно-геологического типа имеют ступенчато-вогнутый профиль, верхненеогеновый, средне-, верхнечетвертичный возраст, высоту 80–90 м при средней крутизне 10–12°. Склоны опираются на пойму и в современную эпоху не подмывались рекой. До создания водохранилища они были локально неустойчивыми, а в целом потенциально неустойчивыми. После создания водохранилища и усиления процессов абразии, которая за 11 лет вызвала размыв пород и отступание бровки плато со средней скоростью 3–6 м/год, интенсивность проявления оползней резко возрасла. Поэтому в настоящее время склоны в новых природных условиях являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости рекомендуется следующий комплекс противооползневых мероприятий: защита склонов от абразии водохранилищем; регулирование поверхностного стока и покрытие грунтов защитным материалом; каптирование источников и локальный поверхностный дренаж вод на участках повышенной влажности оползневых накоплений (перекрытий и подпора подземных вод на участках их выходов на поверхность); защита растительного покрова.

Методы оценок устойчивости и прогноза развития оползневых склонов рекомендуются те же, что и для склонов первого инженерно-геологического типа.

Примером склонов данного типа являются оползневые склоны долины Волги в пределах центральной части территории г. Ульяновска от Пролетарского спуска до спуска ст. Халтурина.

2.30. Третий инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах наименее поднятого (для региона) в современном рельефе структурно-тектонического блока с отметкой плато 100 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нижнемеловые отложения аптского (K_1ap) и барремского (K_1b) ярусов. Толща аптских отложений представлена на этих склонах плотными сланцеватыми глинами, в верхней части разреза которых залегает прослой прочных известняков, а в подошве разнозернистых обводненных песков. Барремские отложения сложены плотными глинами твердой консистенции с прослоями и линзами разнозернистых слюдистых песков. Породы обоих ярусов трещиноваты. В зонах трещин глины переувлажнены, мягко-, текучепластичной консистенции. К таким участкам были приурочены поверхности смещения древних оползней;

два горизонта подземных вод в грунтах барремского и аптского ярусов. Воды дренируются верхними частями склонов, насыщая древние оползневые и современные элювиально-делювиальные образования. Это является одной из главных причин локальных смещений типа оплывин, сплывов, потоков.

2.31. Оползневые склоны третьего инженерно-геологического типа сформировались в акчагыльский (N_2ak) и микулинский (Q_2mk) века. Начиная с первой половины верхнечетвертичного времени склоны данного типа больше не подмываются рекой и на этих участках образуются вторая (aQ_3^1), а затем первая (aQ_3^2) аккумулятивные аллювиальные надпойменные террасы. Это явилось причиной постепенного затухания оползневых процессов и превращения оползневых склонов в склоны делювиального сноса. Локально проявляющиеся в настоящее время оползни течения приурочены к элювиально-делювиальным или к древним оползневым накоплениям. Образование таких смещений связано с периодами переувлажнения названных грунтов поверхностными атмосферными или бытовыми водами.

2.32. Склоны третьего типа имеют вогнутый профиль, высоту 60–65 м, среднюю крутизну 7–9°. Процессы абразии после создания водохранилища на этих участках склонов проявляются слабо. Поэтому в отличие от первого и второго инженерно-геологических типов заметной активизации оползней здесь можно не ожидать.

В природных условиях данный инженерно-геологический тип склонов рекомендуется относить к категории относительно устойчивых. Однако при локальных значительных поступлениях в грунты поверхностных атмосферных или бытовых вод, а также на участках выхода на поверхность склона подземных вод возможны эпизодические смещения оползней течения.

Для предотвращения смещения рекомендуется комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Примером оползневых склонов данного типа являются склоны долины Волги в пределах южной части территории г. Ульяновска между спуском ст. Халтурина и Киндяковской выемкой.

2.33. Интенсивность проявления, объемы и пространственная приуроченность оползней в пределах выделенных для территории г. Ульяновска трех

инженерно-геологических типов оползневых склонов связаны с такими региональными особенностями природных условий: неотектонических дифференцированных перемещений структурных блоков с их перекосом; минералогического состава тонкодисперсной составляющей и состава примесей песчано-глинистых грунтов, слагающих склоны; обводнения пород склонов.

Основной облик верхних частей оползневых склонов в регионе был создан в акчагыльское время (N_2ak). Резкий перекос структурных блоков, начатый в среднечетвертичное время, обусловил смещение русла Волги в северной части города на запад, а в центральной и южной—на восток. Подобные перемещения структурных блоков продолжались в верхнечетвертичное время, для которого характерно формирование переуглублений долин рек Волги и Свияги. К переуглублениям были приурочены крупные смещения блоков пород (первый инженерно-геологический тип оползневых склонов). На участках, где в песчано-глинистых отложениях имеются примеси пирита, гипса, железисто-известковистых конкреций, а также Na-монтмориллонитовых глинистых частиц, встречена максимальная интенсивность оползней—течения. Эти грунты при взаимодействии с водой приобретают свойства текучести, а при статических и динамических нагрузках они выплывают со склонов. Разнозернистые пески домашкинской свиты (N_2dm), песчанистые глины баррема (K_1b) и слюдистые пески альба (K_1al) легко размываются поверхностными водами, поэтому к участкам развития данных грунтов тоже приурочены оползни—течения.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ ДОЛИНЫ ВОЛГИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДА

2.34. Оползневые склоны в пределах территории Волгограда рекомендуется объединить в десять инженерно-геологических типов (см. приложение).

2.35. Первый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки прислоненной каспийской террасы 22–25 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нерасчлененные верхнечетвертичные — современные суглинки, супеси, глинистые пески [$eo-d(Q_{3-4})$]. В береговом уступе суглинки макропористые, столбчатые, известковистые, сильно опесчаненные с горизонтами погребенных почв. Мощность отложений около 4 м. Породы при взаимодействии с водой приобретают свойство текучести, часто суффозионно неустойчивые, и повсеместно в них формируются оползни течения (реже суффозионные);

верхнечетвертичные отложения хвалынского яруса (Q_3hv) мощностью около 18–24 м. Они слагают каспийскую террасу, прислоненную к древней эоценовой эрозионной долине. Это морские шоколадного цвета глины с хорошо выраженной слоистостью, уклон которых соответствует уклону эоценового цоколя и изменяется от 6 до 12°. Глины в пределах склонов данного типа часто опесчаненные, с содержанием глинистых частиц гидрослюдистого, монтмориллонитового и каолинитового состава около 34 %; в заметных количествах в грунтах содержится кристаллический гипс как в рассеянном состоянии, так и в виде кристаллов, конкреций и друз. Эта особенность состава тонкодисперсной части грунтов и их примесей обусловливает свойство незатухающей ползучести и тиксотропии при взаимодействии грунтов с водой. Глины являются сильно набухающими (влажность набухания достигает 40 %) с величиной давления набухания 0,2–1,0 МПа, иногда до 1,67 МПа. На правобережных волжских склонах в этих грунтах формируются оползни скольжения, выдавливания, вязко-пластического течения, разжижения обводненных глин вследствие разрушения их структурных связей;

среднечетвертичные мелко-, реже разнозернистые, кварцевые, иногда глинистые пески хазарского яруса (Q_2hz) мощностью около 6 м. Угол естественного откоса песков изменяется от 27 до 36°, а коэффициент фильтрации от 2,5 до 17 м/сут. Пески в меженные периоды сухие, а в паводки — обводнены. При быстрой сработке паводковых вод на склонах данного типа могут формироваться суффозионные оползни;

верхнепалеогеновые — нижненеогеновые глины майкопской свиты ($P_3 - N_1^1mk$), залегающие ниже уреза воды в реке (в межень);

безнапорный водоносный горизонт в песчаных прослоях и в глинах песчанистых хвалынского яруса. Мощность горизонта колеблется от 0,1 до 10 м; воды дренируются склонами в виде источников с дебитом 0,01–0,5 л/сек. Амплитуда колебания уровня воды в природных условиях равна 0,1–0,5 м. Воды сильно минерализованы (сухой остаток 3,6–5,5 г/л), сульфатно-кальциевого состава, агрессивны к бетону нормальной плотности. Смещению оползней предшествует появление мочажин в нижних частях склонов.

Горизонт воды в прислоненной каспийской террасе питается водами в песчаниках царицинского яруса (P_2tz), к которым терраса прислонена. При меженных уровнях воды в реке подземные воды дренируются в основном по контакту с хазарскими песками, способствуя образованию оползней. В периоды паводка воды реки подпирают этот поток и создают в террасовых песках взвешивающее гидростатическое давление на глины, что понижает устойчивость прислоненной террасы. В период спада паводка или быстрой сработки воды в водохранилище в результате совместного гидростатического и гидродинамического давления воды породы могут потерять устойчивость и образуются оползни.

2.36. Оползневыми смещениями на склонах указанного типа срабатывается примерно половина или две трети прислоненной террасы, ширина которой достигает 100 м (в плане). Поверхности смещения оползней приурочены к прослоям шоколадных сильно набухающих глин мягко-, текучепластичной консистенции с падением в сторону реки 6–12°. От основного склона оползневые блоки отчленяются трещинами бортового отпора. Оползневые склоны

имеют ступенчато-выпуклый, бугристый, профиль в плане средней высотой 22 м, крутизной 18°; стенки отрыва оползней высотой до 15 м имеют крутизну 60–70°. Они подмываются рекой; средняя скорость отступания бровки склона равна 0,1–0,6 м/год. Базисом смещения оползней служит бечевник, который имеет здесь ширину до 60 м и который выработан в песках хазарского яруса.

2.37. Активизация оползневых подвижек на склонах данного типа отмечается в периоды паводков, ливневых или затяжных водообильных дождей, а также во время быстрой сработки уровня воды в реке. В природных условиях склоны первого инженерно-геологического типа следует считать как потенциально неустойчивые с вышеотмеченной периодической активизацией оползней. Для повышения устойчивости этих склонов рекомендуется выполнить комплекс противооползневой защиты (см. гр. 16 приложения).

2.38. Оценку устойчивости оползневых склонов и прогноз изменения этой устойчивости следует выполнять методами перечисленными в гр. 15 приложения.

Типичным примером склонов первого типа являются оползневые склоны правого берега Волги южнее р. Мокрой, района Речного вокзала – набережной на территории Волгограда.

2.39. Второй инженерно-геологический тип (см. приложение) объединяет в себя оползневые склоны территории Волгограда, сформированные в пределах поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки прислоненной каспийской террасы 32–35 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нерасчлененные верхнечетвертичные – современные покровные суглинки $[eo-d(Q_{3-4})]$, макропористые, известковистые, содержащие часто горизонты погребенных почв, суффозионно неустойчивые, легко размываемые водой. Мощность грунтов достигает 6 м. Во время ливневых или затяжных водообильных дождей и при быстрой сработке паводковых вод и водохранилища в пределах распространения этих пород образуются оползни течения (сплывы, оплывины, потоки) с глубиной захвата до 3 м;

глинистые пески с прослоями жирных, высокодисперсных, сильно набухающих глин хвалынского яруса ($Q_3 hv$). Глины содержат до 80 % глинистых частиц Na-монтмориллонитового состава; при взаимодействии с водой сильно набухают (с давлением набухания до 1,67 МПа); при динамических нагрузках обладают плывунными свойствами, а при вскрытии их склонами грунты могут вытекать. На участках распространения этих грунтов формируются оползни выдавливания, вязко-пластического течения, а также суффозионные. Мощность грунтов составляет в среднем 4–6 м;

глины майкопской свиты ($P_3 N_1^1 mk$), залегающие в нижних частях склонов характеризуемого типа и имеющие вскрытую мощность 10 м, тяжелые, полутвердые, с частыми тонкими прослоями пылеватого песка;

постоянный водоносный горизонт в отложениях хвалынского яруса в пределах склонов данного инженерно-геологического типа отсутствует. Породы обводнены только лишь в периоды паводков в нижней части склонов (в подошве хвалынских отложений). При быстрой сработке паводковых вод в основании склонов данного типа могут возникать большие гидродинамические давления воды, обусловленные большими коэффициентами фильтрации прослоев песков (6,6–20,7 м/сут), и, как следствие, оползни внезапного разжижения и гидродинамического выпора.

2.40. Поверхностями смещения оползней являются прослои шоколадных высокодисперсных мягко-, текучепластичных глин с падением в сторону реки под углом 17°; от основного массива оползни отчленяются трещинами бортового отпора. Преобладающая масса оползневых смещений приурочена к кровле майкопских глин. Возможны также небольшие по объему оползни-сплывы, оплывины, потоки в элювии глин майкопской свиты. Оползнями захвачена лишь приповерхностная часть склонов прислоненной каспийской террасы с общей глубиной захвата до 15 м. Оползневые склоны этого типа имеют ступенчато-вогнутый профиль с западинами, бугристый рельеф. Средняя высота склонов 22 м, крутизна 40–50°.

2.41. В связи с отсутствием в породах, вскрытых склоном, постоянных горизонтов подземных вод активизация оползней в природных условиях здесь возможна только в периоды паводков, затяжных или ливневых водообильных дождей и при быстрой сработке паводковых вод и водохранилища.

Склоны, подмываемые рекой. Средняя скорость отступания бровки склонов данного типа несколько больше, чем у склонов шестого типа, и составляет 0,6–0,9 м/год. В природных условиях эти склоны являются локально неустойчивыми в периоды паводков, водообильных дождей и быстрой сработки водохранилища (или паводковых вод). Для повышения устойчивости этих локально неустойчивых склонов рекомендуется комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.42. Методы оценок устойчивости склонов данного типа здесь те же, что и для первого типа. Дополнительно рекомендуются расчеты скорости потока подземных вод и критической влажности, соответствующей максимальной величине набухаемости глин.

Примером склонов охарактеризованного типа являются прибрежные части склонов Волги в Волгограде в районе яхт-клуба.

2.43. Третий инженерно-геологический тип (см. приложение) объединяет в себе оползневые склоны, сформированные в пределах поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки прислоненной каспийской террасы 32–35 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

отложения хвалынского яруса ($Q_3 hv$) мощностью до 20 м. Они представлены шоколадными сильно набухающими глинами, суглинками, мелко-

зернистыми и пылеватыми песками. Глины содержат до 86 % глинистых частиц полиминерального состава, в том числе *Na*-монтмориллонитового с примесями гипса; давление набухания грунтов зависит от естественной влажности и изменяется от 0,2 МПа (при влажности каолинитовых глин 32–37 %) до 1,67 МПа (при влажности *Na*-монтмориллонитовых глин 12 %). Суглинки содержат около 21,8–33,6 % глинистых частиц гидрослюдистого, *Na*-монтмориллонитового и каолинитового состава; естественная влажность грунтов в среднем составляет 31 %, влажность верхнего предела текучести – 37 %, на пределе раскатывания – 24 %. Пески имеют здесь рыхлое сложение при среднем значении коэффициента пористости 0,80–0,89; глинистых частиц у них до 3 %;

песчаники, алевролиты и аргиллиты среднего палеогена царицынского яруса ($P_2 tz$) с прослоем в кровле гальки, валунов в песчаном заполнителе. Вскрытая мощность отложений 15 м. Песчаники в пределах склонов данного типа слабосцементированные, с содержанием глинистых частиц 8–26 %; естественная влажность пород изменяется от 11 до 32 %. Поверхности ослабления и приуроченные к ним поверхности смещения оползней на склонах этого типа формируются по кровле пород царицынского яруса, которая падает в сторону реки под углом около 17 °;

постоянный горизонт подземных вод в породах хвалынского яруса здесь также, как и на склонах второго типа, отсутствует. Однако на склонах третьего инженерно-геологического типа имеется довольно водообильный горизонт воды в галечниково-валунных и песчаных отложениях в кровле пород царицынского яруса. Этот горизонт имеет значительный уклон пьезометрического уровня (более 0,3) и скорости потока вод в меженные периоды и при быстрой сработке паводковых вод или речных вод водохранилища. В результате совместного действия гидростатического и гидродинамического давления воды на породы хвалынского яруса, а также с учетом отмеченных выше особенностей состава этих пород и действия процессов речной боковой эрозии склоны данного типа интенсивно поражены оползнями.

2.44. Оползневые склоны имеют ступенчатый, с вогнутостью внизу, профиль в плане, бугристый рельеф. Их средняя высота равна 32 м, а крутизна – 20–25°. Базисом смещения оползней суффозионного типа, оползней выдавливания, вязко-пластического течения, сплывов, оплывин и потоков является современный врез реки. Склоны подмываются рекой; средняя скорость отступания их бровки равна 0,1–0,6 м/год. В природных условиях склоны рассматриваемого типа являются локально неустойчивыми. Активизация оползней блокового типа на верхних участках склонов, а также незначительные по объему смещения типа сплывов, оплывин и потоков в старых оползневых накоплениях будут приурочены к периодам водообильных затяжных или ливневых дождей, паводков. Для устойчивости этих участков склонов рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.45. Методы оценок устойчивости склонов и прогноз ее изменения здесь следует применять те же, что и для склонов первого инженерно-геологического типа. Примером склонов характеризуемого типа являются правобережные склоны Волги в пределах территории Волгограда на участке Дома техники, южнее оврага Банного.

2.46. Четвертый инженерно-геологический тип (см. приложение) объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах поднятых (для региона) структурно-тектонических блоков с отметкой бровки прислоненной каспийской террасы 32–35 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

отложения хвалынского яруса ($Q_3 hv$), которые на склонах данного типа находятся в смещенном состоянии. Мощность оползневых накоплений достигает 10 м. Это блоки и пакеты шоколадных глин, перемешанные с песком, смещенные покровные и антропогенные образования, представленные песком и суглинком, битым кирпичем, шлаком с корнями растений, карбонатными и сульфатными стяжениями;

разнозернистые пески хазарского яруса ($Q_2 hz$) с прослоями глин. Грунты залегают в основании склонов на размытой неровной поверхности пород царицынского яруса;

песчаники с прослоями алевролитов и опоковидных глин среднего палеогена царицынского яруса ($P_2 tz$), частично (до 300 м) захваченные оползнями;

грунтовые воды в смещенных грунтах хвалынского яруса $[dpQ_4^{4-1}(Q_3 hv)]$. В периоды паводков горизонт воды испытывает подпор речными водами, а при быстрой сработке паводковых вод грунтовые воды движутся к урезу реки. Эти особенности гидрогеологических условий периодически обусловливают образование в приповерхностных частях склонов значительных по величине гидростатических, гидродинамических и взвешивающих давлений воды. Поэтому оползневые накопления на данных склонах находятся в настоящее время в относительно устойчивом состоянии;

подземные воды в песках хазарского яруса, которые практически не влияют на устойчивость склонов;

подземные воды в породах царицынского яруса, дренируемые склонами олигоценовой долины и подпитывающие горизонты вод в оползневых накоплениях и песках хазарского яруса. Воды в приповерхностных частях древней эрозионной долины имеют большие уклоны и скорости потока. Это явилось одной из причин образования оползней в породах царицынского яруса.

2.47. Оползневые склоны имеют прямолинейный в плане профиль, среднюю высоту 36 м при крутизне около 5°. Базисом смещения оползней является современный урез реки в межень. Поверхностью смещения пород хвалынского яруса служила кровля пород хазарского яруса с падением в сторону склона под углом 12°; основной причиной оползней были суффозионный вынос песков и значительные по величине силовые воздействия гидродина-

мического и гидростатического давлений воды при сработке паводковых вод. Оползни с захватом пород царицынского яруса приурочены к приповерхностной зоне выветривания и разгрузки пород в древней олигоценовой долине. Поверхностями смещения этих оползней были трещины бортового отпора и разгрузки, наложенные на тектонические и литологические серии трещин. Склоны подмываются рекой; средняя скорость оступания бровки склонов равна 0,1–0,3 м/год. В природных условиях они относительно устойчивые. Чтобы избежать активизации поверхностных подвижек, склоны данного инженерно-геологического типа необходимо защищать от речной и овражной эрозии и зарегулировать поверхностный сток.

2.48. Пятый инженерно-геологический тип (см. приложение) объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки каспийской террасы 32–35 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нерасчлененные верхнечетвертичные – современные покровные макропористые известковистые суглинки $[eo-d(Q_{3-4})]$ мощностью до 4 м, легко размываемые водой, суффозионно-неустойчивые;

шоколадные глины, сменяющиеся в глубь склона тонкозернистыми и пылеватыми песками хвалынского яруса (Q_3hv) мощностью до 4 м. Глины набухают в воде значительно слабее по сравнению с грунтами инженерно-геологических склонов первого типа; давление набухания у них не превышает 0,2 МПа;

среднепалеогеновые песчаники (мощностью около 10 м) царицынского яруса (P_2tz), сменяющиеся в основании склонов разнозернистыми песками. Песчаники на кварцевом, реже халцедоновом, цементе, довольно прочные и устойчивые против выветривания. Пески суффозионно неустойчивые;

горизонт подземных вод в песках царицынского яруса, дренируемый на отдельных участках склонами.

2.49. Оползни в пределах склонов пятого типа имеют незначительное распространение и приурочены к приповерхностной зоне выветривания пород. Средняя мощность оползневых накоплений равна 3–5 м. Поверхности смещения оползней сформированы по глинам мягко-, текучепластичной консистенции и по прослоям суффозионно неустойчивых песков царицынского яруса, которые имеют падение в сторону реки 6–8°.

2.50. Оползневые склоны имеют прямолинейный, иногда бугристый профиль в плане, среднюю высоту 24 м, ширину бечевника до 80 м, среднюю крутизну 18°, подмываются рекой. В периоды паводков и водообильных дождей возможна активизация повторных подвижек или смещения типа оплывин, сплывов, потоков. В природных условиях эти типы склонов находятся в состоянии предельного равновесия. Для повышения их устойчивости рекомендуется выполнить комплекс мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Примером склонов данного типа является участок правого берега Волги южнее оврага Банного в пределах территории Волгограда.

2.51. Шестой инженерно-геологический тип (см. приложение) объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых (для региона) структурно-тектонических блоков с отметкой бровки прислоненной каспийской террасы 22–25 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нерасчлененные верхнечетвертичные – современные покровные суглинки, супеси, глинистые пески $[eo-d(Q_{3-4})]$ мощностью до 4 м. В береговом уступе суглинки макропористые, столбчатые, с горизонтом погребенных почв. Грунты легко размываются водой, суффозионно неустойчивые;

шоколадные набухающие глины хвалынского яруса (Q_3hv) мощностью до 15 м. Грунты тонкослоистые, с присыпками алеврита на слойках и с падением слоев в сторону реки под углом 12° в среднем;

среднечетвертичные разнозернистые пески хазарского яруса (Q_2hz), суффозионно неустойчивые, мощностью до 2 м;

песчаники, алевриты, опоковидные глины среднего палеогена царицынского яруса (P_2tz), вскрытой мощностью 5 м, залегающие в основании оползневых склонов;

грунтовые воды в покровных суглинках, дренируемые иногда склонами в виде мочажин и небольших (редко довольно водообильных) родников, пересыхающих в засушливые периоды года;

подземные воды в прослоях песка глин хвалынского яруса. Воды дренируются склонами в виде родников с незначительными расходами;

напорные подземные воды в песках хазарского яруса, дренируемые в межень склонами.

2.52. Поверхностями смещения оползней являются: прослои мягко-, текучепластичных шоколадных глин хвалынского яруса, падающих в сторону реки под углом 12°; суффозионно неустойчивые пески хазарского яруса на участках дренирования склонов горизонта воды. Базисом смещения оползней служит урез реки в паводковые периоды. С ними связана и активизация оползневых подвижек. По механизму смещения здесь преобладают оползни скольжения, суффозионные, течения (сплывы, оплывины, потоки).

2.53. Оползневые склоны шестого инженерно-геологического типа имеют прямолинейный в плане профиль, участками бугристый рельеф, среднюю высоту 23 м, ширину бечевника до 60 м, среднюю крутизну 20°, иногда 30°. Склоны, слабоподмываемые рекой, опираются на пойму. Активизация оползневых подвижек возможна в отдельных частях склона только в периоды паводков и водообильных дождей (в природных условиях). Поэтому отмеченные типы склонов являются локально неустойчивыми.

Для повышения устойчивости этих склонов рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.54. Методы оценок устойчивости склонов данного типа и прогноза их развития аналогичны методам, которые рекомендованы для первого типа.

Примером склонов шестого типа являются правобережные склоны долины Волги на территории Волгограда на участке правого борта р. Пионерки до станции Волгоград-Порт, а также район Кривого взвоза – ручья Ельшанка.

2.55. Седьмой инженерно-геологический тип (см. приложение) объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки прислоненной каспийской террасы 22–25 м, вскрывшие такие литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические особенности:

нерасчлененные верхнечетвертичные – современные покровные суглинки и супеси $[eo - d(Q_{3-4})]$ мощностью до 2 м; разнозернистые пески (мощностью до 3 м), сильно набухающие шоколадные глины (мощностью до 5 м) хвалынского яруса $(Q_3 hv)$; разнозернистые пески хазарского яруса $(Q_2 hz)$ мощностью до 5 м;

песчаники кварцевые, прочные, хазарского яруса $(Q_2 hz)$, вскрытые в верхних частях склонов (см. приложение);

сильно водообильные пески (два горизонта) хвалынского яруса. Грунтовые воды дренируются оползневыми склонами; грунтовые воды в покровных и оползневых образованиях, дренируемые склоном.

2.56. Поверхности смещения оползней на склонах данного инженерно-геологического типа приурочены к суффозионно неустойчивым слоям песков хвалынского яруса, имеющих падение в сторону склона около 13°, и к сильно набухающим слоям глин текучепластичной консистенции с падением в сторону склона 8–13°, реже 17°. Довольно крутое падение водообильных песков обусловливает формирование на этих склонах значительных по величине гидростатических и гидродинамических давлений воды на породы склонов. Сульфатные соединения вод способствуют образованию в приповерхностных частях склонов зон кольматации, что создает дополнительные силовые нагрузки на породы склона. Следствием отмеченных особенностей является образование здесь оползней внезапного прорыва, а также суффозионных оползней, оползней выдавливания и течения (сплывы, оплывины, потоки). Оползнями срабатывается вся прислоненная терраса, а также породы царицынского яруса, слагающие склон древней олигоценовой эрозионной долины (см. приложение).

2.57. Склоны седьмого инженерно-геологического типа имеют ступенчатый в плане профиль, бугристый рельеф, среднюю высоту 23 м, ширину бечевника до 60 м, среднюю крутизну 18°; крутизна оползневой террасы равна 9–13°. В паводковые периоды, в периоды затяжных или ливневых водообильных дождей, а также во время быстрой сработки паводковых вод (или вод водохранилища) отмечается активизация оползней. Базисом их смещения служит пойма реки. В природных условиях склоны указанного типа являются неустойчивыми. При паводковом уровне воды в реке они интенсивно подмываются рекой; средняя скорость отступания бровки склона в это время достигает максимальной для региона величины (1,2–1,3 м/год). Методы оценок устойчивости склонов и прогноза их развития рекомендуются в гр. 15 приложения.

2.58. Для повышения устойчивости склонов рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.59. Примером склонов седьмого типа являются склоны на участке между оврагами Дедушевским и Купоросным на правом берегу Волги в пределах Волгограда (см. приложение).

2.60. Восьмой инженерно-геологический тип объединяет в себе оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых (для региона) в современном рельефе структурнотектонических блоков с отметкой бровки каспийской террасы 22–25 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нерасчлененные верхнечетвертичные-современные покровные отложения $[eo - d(Q_{3-4})]$ с максимальной для региона мощностью (до 16 м), представленные: переслаивание мелкого гумусированного песка, глинистого, переувлажненного, с тяжелыми твердыми супесями; переслаивание легких гумусированных супесей со слабоглинистым пылеватым песком; переслаивание тугопластичных легких суглинков с глинами и песками; переслаивание суглинков от легких до тяжелых, известковистых или песчанистых с прослоями водонасыщенных супесей мощностью до 20 см. Переход от одного слоя к другому постепенный и не выдержанный по простиранию;

шоколадные сильно набухающие высокодисперсные глины хвалынского яруса $(Q_3 hv)$ мощностью около 13 м. Грунты тонкослоистые с присыпками алеврита по слойкам и с падением слоев в сторону реки под углом 10–13°, иногда до 17°;

разнозернистые пески хазарского яруса $(Q_2 hz)$, залегающие ниже современного уреза реки;

горизонт грунтовых вод в покровных отложениях, дренируемый склонами; подземные воды в прослоях песков хвалынского яруса, также дренируемые склоном. На участках склонов, перекрытых с поверхности современными оползневыми накоплениями, создается локальный подпор подземных вод; горизонт вод в старых оползневых накоплениях на склоне.

2.61. Максимальная интенсивность оползней на склонах восьмого инженерно-геологического типа отмечается на верхних и средних частях склонов, сложенных покровными образованиями. Здесь формируются оползни скольжения блоков и пакетов пород, реже оползни суффозионные и просадочные, сплывы, оплывины и потоки. Их поверхностями смещения служит кровля глин хвалынского яруса, а также переувлажненные гумусированные прослои песков, глинистых песков и супесей в покровных образованиях. Эти прослои падают в сторону реки под углами около 13°.

Оползни в средних и нижних частях склонов смещаются по прослоям шоколадных глин текучепластичной консистенции, которые также имеют угол падения около 13°. Базисом смещения указанных оползней является современный врез реки.

2.62. Оползневые склоны имеют ступенчатый профиль в плане с бугристым рельефом, интенсивно подмываемые рекой (скорость отступания бровки этих склонов равна 1,2–1,3 м/год), их средняя высота равна 25 м при крутизне 18°; высота уступов в покровных отложениях достигает здесь до 16 м при крутизне 60°. В природных условиях данные склоны являются неустойчивыми. Активизация оползней здесь также, как и в пределах вышерассмотренных типов склонов, приурочена к периодам паводков, затяжных или ливневых водообильных дождей и сработки вод паводков и водохранилищ.

Для оценки устойчивости склонов и прогноза их развития рекомендуются те же методы, что и для склонов шестого инженерно-геологического типа. Повышение природной устойчивости склонов может быть выполнено посредством комплекса противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Примером склонов охарактеризованного типа являются правобережные склоны Волги на участке оврага Купоросного, балки Букатинской и Бекетовской в Волгограде.

2.63. Девятый инженерно-геологический тип (см. приложение) объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки прислоненной каспийской террасы 22–25 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нерасчлененные верхнечетвертичные – современные покровные известковистые столбчатые суглинки [$eo-d(Q_{3-4})$] мощностью около 3 м;

шоколадные сильно набухающие глины хвалынского яруса с прослоем (мощностью около 3 м) в средней части разреза разнозернистых песков ($Q_3 hv$). Мощность толщи около 16 м. Глины высокодисперсные, Na-монтмориллонитового и гидрослюдистого состава, тонкослоистые с падением слоев в сторону склона под углом 10–13°;

разнозернистые пески хазарского яруса ($Q_2 hz$), залегающие в нижней части склона, мощностью около 12 м;

прочные песчаники царицынского яруса ($P_2 tz$), вскрытые ниже современного уреза реки;

подземные слабоводообильные горизонты вод в песках хвалынского и хазарского ярусов. Воды сильно минерализованы, сульфатно-кальциевого состава, обладают углекислой агрессией к бетону нормальной плотности. Смещению оползней предшествуют появления мочажин и родников в нижних и средних частях склонов;

грунтовые воды в старых оползневых накоплениях, дренируемые в нижних частях склонов (в зоне смещения).

2.64. Оползни формируются только в глинистых грунтах хвалынского яруса. Их поверхностью смещения служит кровля песков хвалынского и хазарского ярусов с падением в сторону реки под углом 10–13°. Пески суффозионно неустойчивые. Образованию оползней на склонах данного типа в значительной степени способствуют также гидростатическое и гидродинамическое давления воды, величина которых достигает своего критического значения при быстрой сработке паводковых вод и вод водохранилища. В период паводков подземные воды в песках хазарского и хвалынского ярусов испытывают подпор, а породы в приповерхностной части склонов – взвешивание. Это также способствует формированию оползней и активизации повторных подвижек. Склоны интенсивно подмываются рекой: средняя скорость отступания бровки склона достигает максимальной для региона величины (1,6 м/год).

2.65. Оползневые склоны девятого инженерно-геологического типа имеют ступенчато-выпуклый профиль в плане, бугристый с западинами рельеф; их средняя высота равна 22 м при крутизне 25°. В природных условиях склоны характеризуемого типа являются неустойчивыми. Для оценки их устойчивости и прогноза развития следует пользоваться методами, перечисленными в гр. 15 приложения.

2.66. Для повышения устойчивости склонов рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.67. Примером склонов указанного типа является участок в районе балки Букатинской на правом берегу Волги на территории Волгограда (см. приложение).

2.68. Десятый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах поднятых (для региона) структурно-тектонических блоков с отметкой прислоненной каспийской террасы 32–35 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нерасчлененные верхнечетвертичные – современные покровные суглинки и супеси [$eo-d(Q_{3-4})$] мощностью до 2,5 м;

глинистые пески хвалынского яруса ($Q_3 hv$) мощностью до 16 м, рыхлого сложения (средний коэффициент пористости 0,8); содержание глинистых частиц в грунтах изменяется от 1 до 5 %;

разнозернистые пески хазарского яруса ($Q_2 hz$) мощностью до 14 м;

песчаники царицынского яруса ($P_2 tz$), вскрытые ниже уреза реки;

постоянно действующих горизонтов грунтовых подземных вод на склонах данного типа не обнаружено.

2.69. В пределах склонов десятого инженерно-геологического типа образуются мелкие по объему сплывы, оплывины, потоки, редко осовы и мелкие обвалы. Явных поверхностей ослабления в массиве пород не имеется. Склоны имеют прямолинейный или вогнутый профиль в плане; их высота достигает 33 м, крутизна – 30°, местами 45°. Климатические условия на формирование отмеченных оползней существенного влияния не оказывают. В природных условиях эти склоны не подмываются рекой, опираются на пойму; их следует считать относительно устойчивыми. Для предотвращения активизации развития оползней на этих склонах необходимо зарегулировать поверхностный сток и на отдельных локальных участках построить подпорные стенки и бермы.

Примером склонов указанного типа являются правобережные склоны Волги на участке от оврага Кировского до водокачки в пределах Волгограда.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ ДОЛИНЫ ОБИ В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ БАРНАУЛА

2.70. Оползневые склоны левого берега Оби в пределах территории Барнаула рекомендуется объединить в три инженерно-геологических типа (см. приложение).

2.71. Первый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки склонов 100–110 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нижне-, среднечетвертичные озерно-аллювиальные и субаэральные отложения краснодубровской свиты ($Q_{1-2}^{к}$) мощностью около 97 м. Отложения в верхней части разреза представлены: вертикально столбчатыми макропористыми пылеватыми лессовидными суглинками и супесями. В средней части склона суглинки содержат линзы и прослои песков и погребенных почв; разнозернистыми кварцево-полевошпатовыми песками мощностью до 37 м. Пески суффозионно неустойчивые; коэффициент их неоднородности находится в пределах 3,2–22,0, преобладающее значение коэффициента фильтрации составляет 1,9–2,1 м/сут;

плиоценовые плотные пылеватые карбонатные суглинки, реже глины твердой и полутвердой консистенции кочковской свиты ($N_2^{к}$) со вскрытой мощностью 6–12 м. Породы залегают в основании оползневых склонов, являясь водоупором для грунтовых вод;

водообильный водоносный горизонт мощностью 22–24 м в песках краснодубровской свиты, выклинивающийся по кровле плотных суглинков ($N_2^{к}$). Гидравлический градиент потока вод равен 0,1–0,2. Однако он несколько увеличивается в приповерхностной части склонов. Для песков с коэффициентом неоднородности 12–22 эти значения гидравлических градиентов даже в сухое время года близки к критическим величинам, при которых происходит суффозионный вынос песчаных и пылеватых частиц. Весной и во время затяжных или ливневых водообильных дождей, когда уровень грунтовых вод повышается, в отмеченных песках интенсивно развивается механическая суффозия мелких и пылеватых частиц песка;

грунтовые воды в оползневых накоплениях образуются за счет выхода на поверхность склонов вод из песков краснодубровской свиты, а также поверхностных атмосферных и бытовых вод. Они насыщают суглинистые, супесчаные и песчаные смещенные грунты, которые затем оползают в виде грязевых потоков.

2.72. Оползни в пределах склонов данного типа имеют характерную форму. В головной части наблюдается высокая (до 50 м) и крутая (до 80°) стенка отрыва, которая вместе с боковыми поверхностями отчленения образует как бы "чашу". На дне этой чаши находится верхняя часть оползневого тела. В периоды активизации оползней смещенные супесчаные, суглинистые и песчаные грунты находятся в состоянии текучей и мягкопластичной консистенции. К пойме реки "чаша" открывается узким горлом (шириной до 15 м), через которое вытекают разжиженные, вязкие, бесструктурные грунты. В сухое время года оползневые образования покрываются трещинами усыхания. Размеры "чаш" в поперечнике изменяются от 2–3 м до 50–70 м; длина оползневых тел достигает 100 м.

2.73. Основным деформирующим горизонтом в массиве пород, слагающих склоны первого инженерно-геологического типа, являются суффозионно неустойчивые пески краснодубровской свиты. Эти пески залегают горизонтально или со слабым наклоном в сторону склона. В местах выхода грунтовых вод на поверхность склона над кровлей плотных кочковских суглинков или глин в результате действия гидродинамического давления образуется ниша (за счет выноса и выплывания водонасыщенного песка). Постепенно ниша увеличивается и ее свод обрушивается, что приводит к образованию трещин, отчленяющих блоки пород от основного массива. Блоки пород, как правило, имеют глубину захвата 5 м, они оседают, а затем сползают на дно образовавшейся "чаши" (к основанию склона).

2.74. Оползневые склоны первого инженерно-геологического типа имеют верхнечетвертичный и современный возраст, ступенчато-вогнутый профиль в плане, бугристый с замкнутыми западинами рельеф. Они расчленены задернованными ложбинами. Верхняя часть этих ложбин чашеобразная с высокой крутой циркообразной стенкой, врезанной в плато. Днища ложбин мелкобугристые, короткие; борта их крутые, сужающиеся в нижней части склона, образуя узкое "горло". Ниже "горла" залегает бугристая "терраса", возвышающаяся над поверхностью поймы на 3–6 м. Следовательно, описанные ложбины образованы старыми и древними оползнями (dpQ_3, dpQ_4), которые формировались до образования высокой поймы. Средняя высота склонов составляет 110–100 м, высота стенок отрыва современных оползней достигает 50 м. Склоны имеют среднюю крутизну 20–23°, а стенки отрыва оползней – 65–80°. На участках, где нет активизации современных оползневых смещений, склоны данного типа имеют крутизну 18° и менее. Они не подмываются рекой и опираются на высокую обширную пойму.

2.75. Активизация оползней происходит в паводковые периоды, продолжительность которых достигает 120–150 дней в году, а также во время весеннего таяния снега, высота которого на оползневых склонах составляет 4–7 м. Высота снежного покрова на плато равна около 0,6 м. Однако из-за зимних ветров западного направления снег сдувается с прибровочной части плато на береговой склон в эрозионные и межоползневые западины, накапливается там, создавая дополнительную пригрузку склонов и способствуя усиленному обводнению оползневых накоплений при его таянии.

2.76. Отмеченные выше особенности природных условий предопределили формирование на данных

склонах суффозионных и просадочных оползней. Их базисом смещения служат пойма и днища ложбин. В природных условиях склоны данного инженерно-геологического типа, имеющие крутизну более 18°, являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.77. Оценку устойчивости склонов первого инженерно-геологического типа рекомендуется выполнять с помощью расчета критических градиентов потока грунтовых вод и гармонического анализа. Типичным примером этих склонов являются левобережные склоны Оби в северной части Барнаула.

2.78. Второй инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформировавшиеся в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки плато 100–110 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нижне-, среднечетвертичные озерно-аллювиальные и субаэральные вертикально столбчатые макропористые карбонатные суглинки с подчиненными прослоями супесей. Мощность толщи около 100 м. Грунты в верхней части разреза содержат горизонт погребенной почвы, суффозионно неустойчивые, легко размываются водой. В сухом состоянии они способны держать вертикальные стенки высотой 25–50 м;

плиоценовые плотные суглинки и глины твердой и полутвердой консистенции, залегающие в основании откоса со вскрытой мощностью до 12 м;

маломощный и слабоводообильный горизонт грунтовых вод, вскрытый на глубине 46–48 м (отметка 62–64 м) и приуроченный к прослоям разнозернистого песка в толще суглинков и супесей краснодубровской свиты ($Q^{к}_{1-2}$).

2.79. Оползни в пределах склонов этого типа сформировались в верхнечетвертичное время, когда склоны интенсивно подмывались рекой. По механизму смещения это были блоки и пакеты пород, отчлененные от основного массива трещинами бортового отпора крутизной 30°. Поверхностью смещения их служили прослои глинистых грунтов мягко-, текучепластичной консистенции, имеющие наклон в сторону реки 4–6°. В голоценовое время здесь формируется обширная пойменная терраса, которая затапливается в паводки редкой повторяемости и которая предохраняет склоны от боковой речной эрозии. В плане склоны имеют ступенчато-вогнутый профиль; их высота достигает 110 м, средняя крутизна 15–18°. В природных условиях оползневые склоны второго инженерно-геологического типа являются относительно устойчивыми. Однако в основании уступов в лессах происходят малые по объему обвалы и осыпи, которые постепенно размываются атмосферными водами и сносятся в нижние части склонов (делювиально-пролювиально-оползневой снос). Строительные подрезки склонов, значительные обводнения бытовыми водами, а также другие виды хозяйственной деятельности человека могут вызвать активизацию оползней в пределах древних ($dp\,Q_3$) и старых ($dp\,Q_4$) оползневых накоплений. Во избежание этого в пределах склонов второго инженерно-геологического типа целесообразно выполнить комплекс противооползневых мероприятий: регулирование поверхностного стока и охрана (посадка) растительного покрова, рациональное освоение склонов, невызывающее активизации развития оползней.

2.80. Оценка устойчивости склонов второго инженерно-геологического типа может быть выполнена методами, перечисленными в гр. 15 приложения.

Примером склонов данного типа являются оползневые склоны левого берега Оби в пределах северной части территории Барнаула.

2.81. Третий инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки плато 50–70 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нижне-, среднечетвертичные озерно-аллювиальные и субаэральные вертикально-столбчатые макропористые карбонатные пылеватые лессовидные суглинки с прослоями песков и погребенной почвы. Мощность толщи достигает 47 м. Грунты суффозионно неустойчивые, легко размываются водой. В нижней части разреза (мощностью около 24 м) лессовидные суглинки переходят в плотные комковатые суглинки и глины твердой и тугопластичной консистенции, содержащие маломощные (до 2 м) и невыдержанные по простиранию прослои и линзы разнозернистых песков. Пески имеют спорадическое распространение;

плиоценовые плотные суглинки и глины твердой и полутвердой консистенции, залегающие в основании склонов. Вскрытая мощность грунтов равна 6–12 м;

маломощный (до 2 м) и слабоводообильный горизонт грунтовых вод в прослоях песков краснодубровской свиты ($Q^{к}_{1-2}$).

2.82. Оползневые склоны третьего инженерно-геологического типа разделяются на два подтипа: А и Б (см. приложение). Оползневые склоны подтипа А интенсивно подмываются рекой, имеют ступенчато-выпуклый в плане профиль, высоту 50–70 м и среднюю крутизну 40–52°. Базисом смещения оползней скольжения служит современный урез реки. Оползни выдвигаются в русло реки до 60 м. Формирование оползневых склонов здесь также началось в верхнечетвертичное время и активно продолжается в настоящее время. Высота стенок отрыва современных оползней глубиной захвата до 25 м равна 15–25 м, крутизна – 70–80°. Активизация эрозионного подмыва пород склонов и подвижек оползней приходится на паводковые периоды, а также на время водообильных ливневых или затяжных дождей. В природных условиях склоны подтипа А являются неустойчивыми.

Для повышения их устойчивости рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.83. Оползневые склоны подтипа Б третьего инженерно-геологического типа полностью сформи-

ровались в верхнечетвертичное время, когда они интенсивно подмывались рекой. В голоценовое время в пределах этих склонов образуется обширная пойменная терраса и склоны из оползневых превратились в склоны делювиального сноса. В современном рельефе они имеют ступенчатовогнутый в плане профиль. Их высота равна 50–70 м, средняя крутизна 16°. В пределах покрытых растительностью ложбин крутизна склонов достигает 27°. Лессы образуют уступы высотой до 25 м, крутизной 30–45°. В основании уступов отмечаются накопления осыпей и малых по объему обвалов, которые рекомендуется периодически убирать в нижнюю часть склонов. Хозяйственной деятельности человека в пределах рассматриваемых участков склона должна предшествовать инженерная защита склонов. Здесь также, как и в пределах оползневых склонов второго инженерно-геологического типа, целесообразно зарегулировать поверхностный сток и охранять растительный покров на склонах.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ ДОЛИНЫ АНГАРЫ В РАЙОНЕ БОГУЧАНСКОГО ГИДРОУЗЛА

2.84. Оползневые правобережные склоны Ангары в районе Кодинских створов Богучанского гидроузла рекомендуется объединить в четыре инженерно-геологических типа (см. приложение).

2.85. Первый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой плато 210 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

первую пачку терригенно-карбонатных отложений нижнего ордовика нижнеустькутской свиты (O_1uk_1), вскрытых верхними частями склонов. Отложения представлены неравномерно переслаивающимися известняками, алевролитами, песчаниками и аргиллитами. Аргиллиты и алевролиты тонкоплитчатые, преобладают в верхней части разреза; известняки и песчаники толстослоистые с толщиной слоев до 2,0 м. Мощность пачки 33,5 м. В приповерхностной зоне выветривания пород и по тектоническим трещинам встречаются прослойки, линзочки и кристаллы гипса;

строматолитовые известняки, алевролиты, доломиты со стилолитовыми швами, неравномерно переслаивающиеся алевролиты, аргиллиты и песчаники верхнего кембрия илгинской свиты (ϵ_3il). Мощность пачки 40 м. Отложения слагают среднюю и нижнюю части оползневых склонов;

алевролиты с частыми тонкими прослоями и линзами аргиллитов, реже доломитов и песчаников средне-верхнего кембрия верхоленской свиты ($\epsilon_{2-3}vl$). Алевролиты и песчаники имеют карбонатно-глинистый цемент, разнослоистые, с толщиной слоев от долей до нескольких десятков сантиметров; по простиранию они часто фациально замещаются мергелями или известняками. Песчаники кварцево-полевошпатовые, разнозернистые. Отложения залегают в подножье оползневых склонов;

трещинные воды в охарактеризованных породах характеризуются небольшими расходами, гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией 150–400 мг/л. Породы в приповерхностной части склонов имеют неоднородную, но довольно высокую водопроницаемость, что отразилось на слабом уклоне депрессионной кривой подземных вод. В аргиллитах, алевролитах и песчаниках кембрия удельное водопоглощение по трещинам в верхних частях массивов превышает 1000 л/мин, а в основании склонов оно равно 50–150 л/мин. Вне зон трещиноватости эти породы имеют низкие значения водопоглощения (0,28–2,0 л/мин).

2.86. Оползневые склоны первого инженерно-геологического типа сформированы в пределах структурно-тектонических блоков с перекосом их древних платообразных поверхностей, которые имеют слабый уклон от реки; максимально поднятая часть блоков отмечена со стороны современного вреза реки. Поэтому склоны данного типа интенсивно подмываются рекой.

Первый этап активизации оползней отмечен во вторую половину среднечетвертичного времени, когда территория испытала поднятия с общей амплитудой около 40 м, а врез реки здесь составил 30–35 м при средней крутизне склонов 60°. Оползневые накопления этого возраста полностью переработаны и размыты рекой.

Второй этап активизации в развитии оползней приходится на первую половину верхнечетвертичного времени, третий – на вторую половину верхнечетвертичного времени и четвертый – на вторую половину голоцена. Оползневые склоны на протяжении всего времени интенсивно подмывались рекой, поэтому на них сохранились лишь современные оползневые образования, которые находятся в неустойчивом состоянии. Кроме произошедших оползней, на склонах данного инженерно-геологического типа имеются полуотчлененные и полностью отчлененные от основного массива блоки пород, подготовленные к смещению.

2.87. Оползни-блоки и пакеты пород отчленяются от основного массива субвертикальными трещинами бортового отпора и разгрузки, сформированными по сериям крупных тектонических трещин, субпараллельных простиранию склона. Указанные трещины представляют собой рвы шириной до 7 м, выполненные вмытым обломочно-суглинистым материалом рыхлого сложения; по простиранию рвов отмечаются овальной формы суффозионные западины шириной 3 м, отстоящие друг от друга на 4–5 м. Вскрытая глубина трещин-рвов может достигать 40 м; на глубине 40 м их ширина сокращается до 10 см. Поверхностями смещения блоков и пакетов пород являются прослои аргиллитов, которые превращены в глины вязко-, текучепластичной консистенции и которые падают в сторону склона под углом 12°; кроме указанных поверхностями смещения могут быть тектонические трещины параллельные слоистости с падением в сторону склона под углом 6–15°.

Оползневые блоки и пакеты имеют среднюю мощность 8 м, длину 30 м. Относительно друг друга они развернуты с гнездами переувлажненного су-

глинка и дресвы. Коэффициент трещинной пустотности пород изменяется от 6 до 14,6 % в среднем.

2.88. Склоны первого инженерно-геологического типа имеют ступенчатый и ступенчато-выпуклый профиль в плане, высоту 55–60 м, среднюю крутизну 50°. Высота уступов, отделяющих единовременно смещающиеся оползни, 5–10 м.

Широкие трещины бортового отпора и разгрузка создают благоприятные условия для аккумуляции в них атмосферных осадков и создания значительных по величине гидростатических и гидродинамических давлений воды на породы оползневых или оползнеопасных блоков пород. Поэтому продолжительные или ливневые водообильные дожди могут явиться причиной резкой активизации оползней на склонах данного типа. В природных условиях отмеченные типы склонов являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.89. Оценку устойчивости и прогноз развития оползневых склонов рекомендуется выполнять методами: обратных расчетов и прислоненного откоса; сравнительного геологического анализа с применением многофакторного регрессионного анализа и моделей распознавания образов.

Примером склонов данного типа являются оползнеопасные склоны правого берега Ангары на участке проектируемого верхнего Кодинского створа Богучанского гидроузла.

2.90. Второй инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) структурно-тектонических блоков с отметкой плато 210 м. В отличие от предыдущего, первого типа эти блоки, сохраняя общую скорость поднятий, в современную эпоху испытывают уменьшение скорости поднятий со стороны русла реки. Поэтому в основании оползневых склонов формируется пойма. Образование оползней здесь обусловлено следующими специфическими литолого-генетическими комплексами пород и гидрогеологическими условиями:

отложениями второй пачки нижнего ордовика нижнеустькутской свиты ($O_1uk_1^2$), которые представлены средне-, мелкозернистыми полевошпатово-кварцевыми, часто глауконитовыми песчаниками с прослоями до 20 см аргиллитов, алевролитов и оолитовых известняков. В целом породы прочные. Однако выявлены слабые их разности, сильно загипсованные и каолинитизированные, иногда с кавернами и пустотками. Мощность пачки до 80 м. Отмеченные слабые прослои аргиллитов и алевролитов а также литогенетические серии трещин служат поверхностями ослабления в массиве пород;

слабоводообильными трещинными подземными водами в породах второй пачки нижнего ордовика. Воды являются агрессивными к известнякам и карбонатному цементу песчаников и алевролитов, за счет чего формируются отмеченные выше ослабленные прослои в массиве пород.

2.91. Современный облик оползневые склоны второго инженерно-геологического типа приобрели в первую половину голоценовой эпохи (Q_4^1). Так же, как и в пределах склонов первого типа, здесь не сохранились оползневые накопления второй половины среднечетвертичного (dpQ_2^2), первой и второй половины верхнечетвертичного (dpQ_3^2) времени. Они полностью размыты рекой, поскольку для этих периодов данные участки склонов интенсивно подмывались рекой. В настоящее время склоны опираются на узкую (до 20–30 м) пойму, заливаемую водой в периоды весенних и осенних паводков. С этими периодами связана активизация оползней в нижних частях склонов.

2.92. Оползневые склоны данного типа имеют выпукло-вогнутый (вогнутость внизу) профиль, общую высоту 65–70 м при высоте прибрежной более крутой (40°) части 40 м. Средняя крутизна склонов 20°. Блоки и пакеты сместившихся пород разделены на склонах трещинами-рвами шириной около 10 м, иногда 20 м, глубиной 5–8 м каньонообразного профиля. Во время смещения оползня отмечаются "межпакетные" подвижки; причем верхние по разрезу пакеты толщиной до 12 м, смещались несколько быстрее нижних (толщиной 5 м). Породы в пределах отдельных пакетов могут быть практически неизменными с коэффициентом трещинной пустотности около 1,0 %; в других случаях они имеют повышенную раздробленность с коэффициентом трещинной пустотности до 13,5 %. Поверхности смещения оползней падают в сторону склона под углом 10–12°. Наряду с неустойчивыми оползневыми накоплениями, здесь имеются полуотчлененные и полностью отчлененные от основного массива блоки пород, подготовленные к смещению.

2.93. В природном состоянии склоны характеризуемого инженерно-геологического типа рекомендуется относить к потенциально неустойчивым с возможной периодической активизацией подвижек после ливневых, затяжных водообильных дождей и в периоды речных паводков. Для повышения устойчивости этих склонов наиболее рациональным и экономически обоснованным следует считать комплекс мероприятий, перечисленных в гр. 16 приложения. Примером склонов указанного типа являются правобережные склоны долины Ангары в верхнем бьефе проектируемого Богучанского гидроузла.

2.94. Третий инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) структурно-тектонических блоков с отметкой платообразной их поверхности 210 м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

песчаники тонкозернистые, полевошпатово-кварцевые с прослоями серого алевритистого известняка, аргиллита, алевролита; известняки с прослоями песчаника нижнего ордовика нижнеустькутской свиты (третья пачка – $O_1uk_1^3$). Мощность пачки 15–20 м;

песчаники мелко-, среднезернистые, полевошпатово-кварцевые с прослоями алевритов, аргиллитов и известняка, слагающие вторую пачку нижнего ордовика нижнеустькутской свиты ($O_1uk_1^2$). В подошве пачки породы кавернозные, слабые. Мощность пачки 35 м;

неравномерно переслаивающиеся аргиллиты, алевролиты, доломиты, песчаники нижнего ордовика нижнеустькутской свиты (первая пачка – $O_1uk_1^1$). Мощность пачки 33 м;

трещинные воды в породах нижнего ордовика, характеризующиеся малыми расходами, углекислой агрессией к породам. Воды дренируются склонами в нижних частях в виде мочажин и родников с незначительным дебитом.

2.95. На оползневых склонах третьего инженерно-геологического типа сохранились накопления сместившихся блоков и пакетов пород первой и второй половины среднечетвертичного (dpQ_2^1; dpQ_2^2), первой половины верхнечетвертичного (dpQ_3^1) времени, а также нерасчлененные верхнечетвертичные – голоценовые образования, перекрытые с поверхности смещенными верхнечетвертичными элювиально-делювиальными образованиями (см. приложение).

2.96. Первый этап активизации оползней для склонов данного типа относится к первой половине среднечетвертичного времени, который продолжался и во вторую половину среднечетвертичного времени. Базисом смещения служил древний эрозионный врез реки глубиной около 60 м. Крупные оползни блокового типа перегородили русло реки и сместили его в сторону левого берега примерно на 120 м. Новый этап активизации оползней отмечается в первой половине верхнечетвертичного времени. Для второй половины голоцена (Q_4^2) характерно замедление восходящих движений для прирусловой части структурных блоков с сохранением их интенсивности в противоположных частях блоков. Это вызвало их перекос, резкое уменьшение эрозионного размыва пород в основании склонов и образование поймы. В настоящее время склоны третьего типа не подмываются рекой и опираются на узкую (около 20 м) пойму.

2.97. Оползневые склоны имеют выпуклый с межоползневыми западинами и рвами профиль в плане с перепадами высот в рельефе склона до 60 м. Поэтому на склонах этого типа существуют благоприятные условия для скопления значительного количества атмосферных осадков, увлажняющих оползневые накопления. Во время продолжительных или ливневых водообильных дождей здесь образуются сплывы и оплывины, базисом смещения которых служат указанные западины и рвы. Рвы по происхождению являются трещинами разгрузки, которые разбивают склон через 10–20 м, имея ширину до 40 м; их глубина достигает 10 м, дальше они выполнены вмытым суглинистым материалом с обломками пород из бортов рвов.

Средняя высота оползневых склонов рассматриваемого типа равна 65–70 м, крутизна 9°; крутые участки склонов имеют угол откоса 20°, пологие – 4°. Поверхностями смещения блоков и пакетов пород являются литогенетические и параллельные им тектонические трещины с углом падения 10°, а также прослои ослабленных выщелоченных кавернозных известняков.

2.98. В природном состоянии склоны третьего инженерно-геологического типа являются потенциально неустойчивыми в их нижней части (до древней эрозионной ложбины). Выше по склону они относительно устойчивые с возможными локальными эпизодическими оползнями, базисом смещения которых будут служить западины с отметкой их тальвега около 150 м. Для повышения устойчивости склонов рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Методы оценок устойчивости и прогноз развития оползневых склонов рекомендуются те же, что и для склонов первого типа. Для оползней, активизированных атмосферными осадками, целесообразно применение гармонического анализа. Примером склонов данного типа являются правобережные склоны Ангары на участке Кодинских створов Богучанского гидроузла.

2.99. Четвертый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой поверхности выравнивания 210м, вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и имеющие следующие гидрогеологические условия:

нижнетриасовые интрузивные породы (βT_1an), залегающие в пределах отмеченных участков склонов согласно с вмещающими нижнеордовикскими отложениями (O_1uk_1). По составу породы неоднородны. В кровле они представлены габбро-долеритами, в средней части разреза – мелко-среднекристаллическими долеритами, а в нижней – "порожчатыми" долеритами. В приконтактной зоне породы рассланцованы или превращены в роговики. В зонах влияния разрывных нарушений мощностью до нескольких десятков метров, а также на участках секущих контактов долериты рассланцованы, катаклазированы, иногда растерты до дресвы и супеси;

трещинные воды в интрузии слабоводообильные, дренируемые в нижней части оползневых склонов в виде мочажин и источников с незначительным дебитом. В приповерхностной части склонов долериты имеют удельные водопоглощения порядка 0,1–0,2 л/мин. В зонах тектонического дробления коэффициент фильтрации пород равен 4–5 м/сут, реже он достигает 92 м/сут (на глубине 18 м). В кровле долеритов отмечено увеличение водопроницаемости (до 1,5 л/мин) по сравнению с сохранными долеритами.

2.100. Формирование оползневых склонов данного типа начинается в первую половину среднечетвертичного времени (Q_2^1), когда Ангара врезалась в плато на 41 м, образовав склоны средней крутизной 24°. Общий объем смещений долеритов на участке Кодинских створов Богучанского гидроузла в это время составил около 1,6 млн. м^3. Склоны этого вреза были осложнены оврагами и промоинами, которые сохранились до настоящего времени (участок среднего створа) и которые заполнены щебнисто-суглинистыми ожелезненными образованиями. Второй этап активизации оползней приурочен ко второй половине среднечетвертичного времени, когда Ангара врезалась на 32 м при крутизне склонов 36°. Третий этап приурочен к первой половине верхнечетвертичного вреза (Q_3^1); в это время форми-

руется долина U-образного профиля с высотой склонов 21 м и крутизной 17°. Последний, четвертый, этап активизации оползней приурочен к первой половине голоцена (Q_4^1), однако в конце этого периода блоки испытывают резкий перегиб с падением древней поверхности их выравнивания в сторону реки. Это обусловило образование в основании склонов узких аккумулятивных первой надпойменной террасы (aQ_4^1) и поймы (aQ_4^2). Поэтому оползневые склоны данного типа опираются на первую террасу и пойму. Они имеют ступенчато-выпуклый профиль в плане. Высота склонов 65–70 м; высота уступов до 30 м; средняя крутизна 16°, уступов 75–80°.

2.101. Поверхностью смещения оползней являются рассланцованные песчаники, алевролиты и аргиллиты на контакте с долеритами с падением в сторону реки под углом 11°. Кроме того, смещение блоков пород может происходить по тектоническим трещинам, параллельным по току интрузии, мощность смещаемых блоков пород достигает 34 м. От основного массива оползни отчленялись крупными тектоническими нарушениями, расширенными процессами разгрузки до 40 м.

2.102. Ливневые и затяжные водообильные дожди могут накапливаться в больших объемах в трещинах-рвах и трещинах бортового отпора, обусловливать значительные по величине гидродинамические и гидростатические давления, смачивать глинистые грунты в зоне контакта и в зонах тектонических трещин. Названные причины вызывают эпизодические активизации оползней. Поэтому в современном природном состоянии эти типы склонов относятся к категории потенциально неустойчивых. Оценка их устойчивости может быть выполнена методами обратных расчетов, прислоненного откоса, сравнительно-геологическим анализом с применением многофакторного регрессионного анализа, а также методом теории распознавания образов.

2.103. Для повышения устойчивости склонов четвертого инженерно-геологического типа рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

2.104. Анализ особенностей формирования оползневых склонов речных долин равнинных областей на примере вышерассмотренных восьми регионов позволяет рекомендовать для применения при инженерно-геологических изысканиях с целью типизации оползневых склонов следующие основные законы образования оползней.

Всеобщий закон роли вещественного состава пород в формировании оползней: интенсивность проявления и типы оползней по механизму смещения определяются вещественным и минеральным составом пород (и их примесей), слагающих склоны.

Законы о формировании оползней в глинистых грунтах:

при взаимодействии с водой в глинистых грунтах монтмориллонит-гидрослюдистого состава твердой консистенции, содержащих более 3 % примесей пирита, хорошо разложившегося органического вещества или гипса, развиваются деформации незатухающей ползучести с образованием на склонах оползней скольжения и выдавливания;

глинистые грунты Na-монтмориллонитового состава при взаимодействии с водой способны вытекать со склонов и откосов с образованием оползней течения и выплывания;

при взаимодействии со щелочными или кислыми водами в глинистых грунтах любого минералогического состава, содержащих более 3 % гипса, пирита или хорошо разложившегося органического вещества, развиваются деформации незатухающей ползучести с образованием оползней выдавливания и скольжения.

Закон о формировании оползней в песках: в пределах склонов, сложенных водонасыщенными тонко-, мелкозернистыми и пылеватыми песками, содержащими более 5 % глинистых частиц монтмориллонитового состава, формируются оползни внезапного разжижения. Их активизация может быть вызвана незначительными по величине антропогенными статическими и динамическими нагрузками.

Закон о формировании оползней в дисперсных грунтах с сульфатными, карбонатными и железистыми соединениями: дисперсные грунты с отмеченными соединениями при взаимодействии с водой выщелачиваются с образованием на склонах и откосах оползней скольжения.

Закон о формировании оползней в просадочных грунтах: лессовые грунты при взаимодействии с водой легко размываются, обладают просадочными свойствами с образованием на склонах просадочных оползней и оползней течения;

интенсивность развития просадочных оползней увеличивается на участках погребенных почв в лессовой толще, вскрытой склонами.

Закон о формировании оползней в плывунах: в водонасыщенных дисперсных грунтах с защемленными газообразными соединениями образуются на склонах и откосах оползни выплывания и внезапного разжижения.

Закон о формировании оползней в песчаных грунтах: сыпучие слюдистые разнозернистые пески суффозионно неустойчивы, легко размываются поверхностными водами с образованием на склонах суффозионных оползней и оползней течения.

Закон о формировании оползней в глинистых элювиальных грунтах: элювиальные глинистые грунты с низкой гидрофильной способностью и малой пластичностью способны переходить из устойчивого твердого состояния в разжиженное текучее при влажности 18–22 % с образованием оползней потоков.

Законы о формировании поверхностей смещения оползней:

дисперсные грунты с карбонатными, сульфатными и железистыми соединениями в приконтактных с грунтовыми и подземными водами зонах интенсивно выщелачиваются с образованием в приповерхностных частях склонов поверхностей смещения оползней скольжения;

поверхности смещения оползней в водосодержащих дисперсных грунтах формируются на участках склонов, где подземные воды имеют повышенное по сравнению с другими участками содержание сульфатных соединений и свободной углекислоты (наряду с повышенным содержанием сухого остатка);

низкая минерализация поровых вод на контакте со слабоминерализованными горизонтами подземных вод является причиной интенсивного выщелачивания пород, резкого снижения их прочности и образования поверхностей смещения оползней;

поверхности смещения оползней в массивах трещиноватых пород формируются по благоприятно ориентированным по отношению к направлению склонов трещинам, сместителям разрывов и частично по межтрещинным целикам;

прогрессирующее во времени увеличение скорости роста поверхностей смещения (ослабления) в массиве пород происходит при определенном пропорционально изменяющемся напряженном состоянии массива.

Закон формирования зон кольматации и образования оползней прорыва: карбонатные, сульфатные и железистые соединения в грунтовых и подземных водах на участках их выхода на поверхность склонов, сложенных дисперсными грунтами, образуют приповерхностные зоны кольматации пород, локальные подпоры вод и являются причиной образования внезапных катастрофических оползней прорыва.

Всеобщий закон о цикличности развития оползней: оползневые процессы характеризуются цикличностью своего развития, инерционностью проявления, кумулятивным эффектом запаздывания во времени воздействия факторов на процесс и его проявлением, эффектом совпадения во времени экстремальных характеристик факторов и их одновременного воздействия на развитие оползней.

3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ РАВНИННЫХ ОБЛАСТЕЙ

3.1. Формирование оползневых склонов морских побережий в пределах равнинных областей имеет свои особенности. Они, в первую очередь, обусловлены структурно-тектоническими условиями. Данные области располагаются в пределах ровных платообразных приморских низменностей, структурные блоки которых испытывают в новейший и современный этап неравномерные дифференцированные устойчивые опускания со скоростью от 1 до 10 мм/год. Опускание структурно-тектонических блоков вызывает развитие процессов абразии, интенсивность которых больше на участках с большей скоростью опусканий.

Береговая и донная абразия волнами, течением и льдом (ледовая коррозия) выражается в размыве берегового склона, морского дна и гряд выдавливания. Средняя скорость донного размыва в пределах рассматриваемых регионов изменяется от 0,2 до 4,0 см/год. Скорость размыва берега на разных участках, сложенных различными по прочности литолого-генетическими комплексами пород, колеблется от 0,5 до 6,0 м/год. В целом интенсивность процессов абразии определяется ветровым режимом морей в прибрежной полосе, который предопределяет энергию волнения, и прочностью пород на размыв. Установлено, что на участках постоянной активизации современных оползневых смещений скорость абразии больше или равна 0,8 м/год; при периодических подвижках она равна 0,65 м/год, а на участках со слабыми оползневыми подвижками скорость абразии не превышает 0,5 м/год. Выявлена отчетливая экспериментальная зависимость с корреляционным отношением 0,95 между скоростью смещения оползней и скоростью размыва клифа. При сильных штормах интенсивно размываются оголенные места возле мысов. Размыв здесь до середины бухт достигает 2 $м^3$/м.

3.2. Абразия относится к числу основных закономерностей формирования новых и активизации ранее образовавшихся, но находящихся в состоянии временной стабилизации, оползней на морских склонах в пределах равнинных областей. Этот процесс способствует образованию в приповерхностных зонах массивов пород, слагающих нижние части склонов, больших градиентов напряжений, величины которых могут достигать 10–12 МПа (100–120 $кг/см^2$). Поэтому, если в основании таких склонов залегают глинистые грунты с прочностью на раздавливание 4–5 МПа (40–50 $кг/см^2$), здесь формируются пластические или деформации сжатия и выдавливания.

Значительное влияние на формирование оползневых склонов в пределах данных территорий оказывает донная абразия, которая размывает морское дно и гряды выдавливания. Установлено, что при высоте волны 0,5 м смываются пески, при шторме 5 баллов – галечники. При волнении оползневые гряды, сложенные плотными глинами, исчезают в течение суток, а при штиле – в течение нескольких суток. В профиле дна следы гряд уничтожаются за 3–4 месяца. Для отмеченных склонов выявлена отчетливая связь между подвижками оползней и размывом клифа.

3.3. Лиманная абразия выражена значительно слабее, чем морская. Она развита на участках, где урез воды сопрягается с относительно высокими (более 15 м) и крутыми (более 20°) склонами лиманов. Этот процесс активизируется при высоких уровнях воды в лиманах, вызывая усиление оползневого процесса.

3.4. Неравномерные дифференцированные новейшие и современные тектонические перемещения структурных блоков в приморских равнинных областях происходят по крупным глубинным разломам и разрывам. Эти движения создают ступенчатые профили склонов и рельефа с максимальным перепадом высот между отдельными платообразными поверхностями структурных блоков порядка 40–50 м. При прочих равных условиях максимальное количество оползней отмечено в пределах структурных блоков, имеющих отметки плато более 40 м. В пределах блоков с отметками плато 15–35 м современные оползни развиты незначительно.

Оползневые склоны отмеченных областей имеют в основном средне-, верхнечетвертичный, реже современный, возраст.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ НА ТЕРРИТОРИИ ОДЕССЫ

3.5. Оползневые склоны в пределах черноморского побережья территории Одессы объединяются в пять инженерно-геологических типов и шесть подтипов.

Первый (см. приложение) инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в таких специфических литолого-генетических комплексах пород, вскрытых морем в пределах максимально-поднятых в современном рельефе структурных блоков с отметкой плато 50–60 м:

верхне-, среднечетвертичные лессы и лессовидные образования (Vd_{II-III}) мощностью до 30 м. Опесчаненные пылеватые разности этих грунтов при насыщении водой способны приобретать свойства плывунов и выплывать в откосы или выработки, а при большой мощности давать просадки без дополнительной нагрузки. Грунты при взаимодействии с водой легко размываются, интенсивно выветриваются, суффозионно неустойчивы;

верхненеогеновые красно-бурые загипсованные глины мощностью до 6 м (N_2^3), плотные, вязкие и пластичные. Грунты являются региональным водоупором для первого водоносного горизонта грунтовых вод в лессах, интенсивно выветриваются в приповерхностных частях склонов, размываются и выщелачиваются при взаимодействии с водой; в грунтах содержатся лигнитизированные прослои;

тонкослоистые глины и известняки верхнего неогена понтического яруса (N_2p). Глины залегают в кровле и подошве известняков, прочных, перекристаллизованных (вверху разреза слабых и ракушечников внизу разреза), сильно трещиноватых;

нижненеогеновые глины с линзами песчаников, гнездами и друзами гипсов мэотического яруса (N_1m), отличающиеся большой неоднородностью литологического состава, с многочисленными литогенетическими блестящими чешуйчатыми поверхностями, с неровной волнистой поверхностью кровли с общим падением в сторону моря под углом 2–6°. В грунтах встречены лигнитизированные прослои. Содержание в красно-бурых и мэотических глинах гипса и органического вещества относится к главным особенностям, предопределившим формирование в этих грунтах оползней.

Гидрогеологические специфические условия пород, слагающих склоны данного инженерно-геологического типа, характеризуются наличием двух подгоризонтов первого горизонта грунтовых вод в лессах и лессовидных образованиях, вод второго (в понтических известняках) и третьего (в линзах песков и зонах трещиноватости мэотических глин) горизонтов. С первым горизонтом вод в значительной мере связано образование оползней выплывания и просадочных в лессах; воды второго горизонта являются агрессивными по отношению к известнякам и выщелачивают породы в зонах трещиноватости, образуя тем самым широкие зияющие трещины, отчленяющие блоки пород от основного массива. Воды третьего горизонта обладают повышенной выщелачивающей способностью к гипсовым включениям в глинах мэотического яруса, а также могут оказывать на породы приповерхностных частей склонов довольно заметные гидродинамическое, взвешивающее и разуплотняющее давления. На участках выхода названных вод на поверхность склона образуются повторные оползневые смещения типа оплывин, сплывов, потоков.

Склоны данного типа имеют ступенчато-выпуклый профиль, высоту до 55 м с уступами в лессах до 30 м с обрывами клифа до 15 м. Их крутизна колеблется от 6 до 45°, а на уступах и обрывах она достигает 55–80°. Они испытывают максимальные для региона Одессы воздействия процессов абразии: отмыв грунтов клифа здесь составляет 7–9 м³/м, а скорость отступания бровки плато равна 0,96 м/год. Склоны в природных условиях являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости следует рекомендовать выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Оценка устойчивости и прогноз развития оползневых склонов могут быть выполнены с помощью методов, перечисленных в гр. 15 приложения.

Примером склонов данного типа являются склоны в пределах черноморского побережья Одессы от мыса Ланжерон до мыса у санатория Чкалова; от мыса Большого Фонтана до балки Ковалевского; черноморский оползневой участок от Люстдорфской балки до Сухого лимана.

3.6. Второй инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых в современном рельефе структурных блоков с отметкой плато 42–49 м и вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и гидрогеологические условия:

верхне-, среднечетвертичные лессовые образования (Vd_{II-III}) мощностью от 19 до 30 м, характеризующиеся отсутствием в них первого водоносного горизонта. Поэтому, несмотря на большую их мощность, на этих склонах отсутствуют оползни выплывания и просадочные, которые являются типичными для склонов первого типа. Здесь же, в прибровочной части плато, образуются малые по объему обвалы и осыпи, которые возникают из-за способности этих грунтов легко размываться атмосферными и другими поверхностными водами и интенсивно выветриваться (см. приложение, подтип А);

верхненеогеновые красно-бурые глины твердой консистенции (N_2^3) мощностью до 3,5 м, которые обладают способностью к набуханию в зонах, где имеются лигнитизированные прослои, и выщелачиванию друз и стяжений гипса под влиянием инфильтрующихся через лессовую толщу поверхностных вод. Эта способность грунтов предопределила образование на данных склонах оползней срезания с захватом лессов и красно-бурых глин (см. приложение, подтип Б), а наличие в грунтах отмеченных ослабленных зон явилось основанием для выделения среди склонов данного инженерно-геологического типа двух подтипов: А и Б. В склонах подтипа А указанные зоны ослабления и оползни срезания отсутствуют, а в склонах подтипа Б они имеются;

верхненеогеновые известняки понтического яруса ($N_2 p$), состоящие из прочных перекристаллизованных и слабых (ракушечников) разностей. Породы отличаются высокой водообильностью второго горизонта вод, агрессивных к известнякам и способствующих образованию широких зияющих трещин за счет выщелачивания пород в зонах тектонического дробления. Эти трещины отчленяют блоки пород от основного массива и являются поверхностями смещения оползней соскальзывания (подтип Б, см. приложение);

нижненеогеновые глины с лигнитизированными прослоями и линзами песков мэотического яруса ($N_1 m$). Кровля глин неровная, волнистая, с общим падением в сторону моря под углом 2–6°. К линзам песков и зонам трещиноватости приурочен третий горизонт подземных вод. Глины твердой и полутвердой консистенции в зонах лигнитизированных прослоев под воздействием щелочных подземных вод превращаются в грунты с текучей или текучепластичной консистенцией. С этими зонами связано формирование на склонах данного типа крупных оползней выдавливания с захватом известняков и глин мэотиса до отметки минус 10–15 м.

Выходы на поверхность склона вод второго и третьего водоносного горизонта обусловливают в этих местах повторные смещения типа оплывин, сплывов, потоков.

3.7. Оползневые склоны подтипа А второго инженерно-геологического типа, кроме вышеуказанных, имеют следующие определяющие их признаки:

зоны отчленения и смещения оползней. Это широкие трещины бортового отпора, наложенные на тектонические, секущие известняки понтического яруса и падающие в сторону склона под углами 25–70°, а также кровля, лигнитизированные прослои и зоны трещиноватости мэотических глин;

ступенчато-выпуклый профиль склона в плане высотой до 48 м, с уступами в лессах до 25 м и обрывами клифа до 12 м, средней крутизной 40–60°; уступы имеют крутизну 65–90°;

интенсивное проявление процессов абразии. Отмыв грунтов клифа здесь составляет 1,86 м^3 на 1 м, а средняя скорость отступания бровки плато равна 0,82 м/год;

влияние продолжительных водообильных дождей, когда выпадает до 1/3 годовой нормы осадков, на интенсивность проявления повторных оползней типа соскальзывания, сплывов, оплывин с установленным эффектом запаздывания до двух лет.

В природных условиях склоны подтипа А являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости наиболее рациональным следует считать такой комплекс противооползневых мероприятий: защита склонов от абразии; дренаж вод II горизонта в известняках; каптирование источников II и III горизонтов и отвод вод; регулирование поверхностного стока; частичная планировка и террасирование склонов; защита растительного покрова.

3.8. Оползневые склоны подтипа Б второго инженерно-геологического типа имеют следующие определяющие их признаки:

поверхности отчленения и смещения оползней. К ним относятся: участки скопления гипсов в красно-бурых глинах верхнего неогена (N_2^3), подверженных выщелачиванию; крупные трещины бортового отпора в известняках понтического яруса ($N_2 p$); лигнитизированные прослои и зоны трещиноватости в глинах мэотического яруса ($N_1 m$);

ступенчато-вогнутый профиль склона высотой 35–47 м с уступами в лессах до 30 м и обрывами клифа до 15 м, средней крутизной 40° (при крутизне уступов 60–90°, а пологих частей склона 10–16°);

высокая интенсивность проявления процессов абразии. Отмыв грунтов клифа достигает здесь 2–4 м^3 на 1 м, а скорость отступания бровки плато равна 1,14 м/год;

влияние продолжительных водообильных дождей на оползни в лессах, в элювиально-делювиальных и оползневых накоплениях.

В природных условиях склоны данного подтипа также являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости и рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

3.9. Методы оценки устойчивости и прогноза развития склонов второго инженерно-геологического типа аналогичны с методами, рекомендуемыми для склонов первого типа. Они перечислены в приложении. Примером склонов второго типа являются оползневые склоны черноморского побережья Одессы от мыса у санатория им. Чкалова до геофизической обсерватории; от мыса Аркадиевского до 14-й станции Большого Фонтана, мыса Большого Фонтана.

3.10. Третий инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых в современном рельефе структурных блоков с отметкой плато 24–30 м и вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и гидрогеологические условия (см. приложение):

средне-верхнечетвертичные и лессовидные образования (Vd_{II-III}) мощностью от 5–6 до 20 м. Следовательно, на некоторых участках эти грунты могут слагать до четырех пятых высоты склона. В образованиях отсутствует первый водоносный горизонт и нет оползней выплывания или просадочных;

верхненеогеновые красно-бурые глины (N_2^3) мощностью 1–2 м, перенасыщенные гипсом;

верхненеогеновые известняки понтического яруса ($N_2 p$), представленные прочными перекристаллизованными разностями значительной мощности (до 13 м) и слагающие нижние части склонов и клиф. Субпараллельные к склону крупные тектонические трещины и наложенные на них экзогенные трещины выщелачивания и бортового отпора отчленяют блоки пород от основного массива и предопределяют пространственное положение на склонах данного типа оползнеопасных участков.

К известнякам приурочен второй горизонт подземных вод региона Одессы, которые дренируются склонами в нижних частях. В отличие от склонов первого и второго типов, на этих склонах оползни имеют незначительную интенсивность своего развития. В верхних частях склонов после водообильных дождей, когда выпадает около одной трети от годовой нормы осадков (105 мм, как это было 18 июля 1967 г.), возможны оползни среза в лес-

совых грунтах с захватом красно-бурых глин. Их поверхностями смещения являются зоны выщелачивания гипсов и набухания глин под воздействием инфильтрующихся через лессовую толщу атмосферных осадков. В нижних частях склонов формируются оползни соскальзывания блоков и пакетов известняков, отчлененных широкими трещинами бортового отпора, наложенных на тектонические с падением в сторону склона под углами 25–70°.

3.11. Склоны третьего инженерно-геологического типа имеют ступенчато-выпуклый профиль, высоту 24–30 м, среднюю крутизну 40–60°; высота уступов в лессах достигает 24 м при их крутизне 60–90°. Для склонов отмечена минимальная для всего одесского побережья скорость отступания бровки плато (0,29–0,03 м/год) от воздействия на них процессов абразии и отмыва грунтов клифа (около 1,5м^3 на 1 м). В природных условиях склоны локально неустойчивые. Для повышения устойчивости этих участков склона рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Оценку устойчивости склонов и прогноз ее изменения рекомендуется выполнять несколькими методами и, в первую очередь, такими: обратных расчетов, метод прислоненного откоса; сравнительно-геологический анализ с применением теории распознавания образов, дискриминантных функций.

Примером склонов этого типа являются оползневые склоны черноморского побережья Одессы от геофизической обсерватории до левого склона Аркадийской балки; от Аркадийской балки до Аркадийского мыса; от 14-й станции Большого Фонтана до мыса Большого Фонтана.

3.12. Четвертый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно опущенных в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой плато 15–20 м и сложенные практически на всю высоту верхненеогеновыми перекристаллизованными известняками понтического яруса ($N_2 p$), разбитыми сериями крупных трещин бортового отпора. В нижней части склона (клиф) вскрыты нижненеогеновые глины мэотического яруса ($N_1 m$). Склоном дренируются воды II водоносного горизонта в понтических известняках, агрессивных к породам. Воды отличаются повышенным содержанием щелочных ионов (в равной мере как и на всех других участках региона Одессы), что обуславливает региональную особенность формирования в подобных условиях оползней выдавливания с захватом глин мэотиса до отметки минус 10–15 м за счет способности глин в зонах трещиноватости переходить из твердого в текучепластичное состояние. Оползни приурочены к нижним частям склонов, имеющих ступенчато-вогнутый профиль, высоту 15–20 м и среднюю крутизну 40–60° (вверху) и 10–16° (внизу). Атмосферные осадки на формирование оползней на склонах данного типа существенного влияния не оказывают.

Склоны подвержены интенсивному воздействию процессов абразии. Отмыв грунтов клифа здесь достигает 2–4 м^3 на 1 м, а скорость отступания бровки плато 0,93 м/год. В природных условиях склоны потенциально неустойчивые с подготовленными отчлененными или подготавливаемыми полуотчлененными блоками пород. Рекомендуемый комплекс противооползневых мероприятий перечислен в гр. 16 приложения.

Примером склонов данного типа являются оползневые склоны черноморского побережья Одессы в районе, примыкающем к Большефонтанской балке.

3.13. Пятый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно опущенных в современном рельефе структурных блоков с отметкой плато 15–20 м и сложенные перекристаллизованными прочными известняками верхнего неогена понтического яруса ($N_2 p$). Склоны вскрывают воды II горизонта, имеют ступенчатый профиль, высоту 15–20 м и среднюю крутизну 40–60°. Интенсивность проявления процессов абразии здесь незначительная; отмыв грунтов клифа составляет около 1,5 м^3 на 1 м, а скорость отступания бровки плато равна 0,03 м/год.

Склоны характеризуются незначительным развитием оползней соскальзывания блоков и пакетов пород, отчлененных от основного массива трещинами бортового отпора (крутизной 70°) и выветривания (крутизной 25°), наложенных на тектонические и расширенных процессами выщелачивания пород зон трещиноватости под воздействием агрессивных к известнякам вод второго горизонта.

В природных условиях склоны являются потенциально неустойчивыми. Для повышения устойчивости отдельных отчлененных блоков пород рекомендуется выполнять частичный дренаж (локально для каждого оползневого блока) вод II водоносного горизонта, частичную срезку верхних частей и уборку свободно лежащих камней и глыб со склона, частичную планировку; регулирование поверхностного стока с целью недопущения локальных значительных по объему утечек бытовых вод.

Примером склонов данного типа являются оползневые склоны черноморского побережья Одессы от балки Ковалевского до Люстдорфской балки.

3.14. Зонально-климатические условия имеют общие черты своего проявления на формирование склонов всех пяти инженерно-геологических типов. Во время обильных затяжных или ливневых осадков, когда выпадает до 1/3 годовой суммы, отмечается активизация оползневых смещений типа оплывин, сплывов, потоков. Между интенсивностью проявления отмеченных оползней и количеством жидких атмосферных осадков установлена отчетливая связь, на которую накладывается эффект запаздывания в 2 года. Косвенное влияние атмосферных осадков на формирование оползней проявляется посредством уменьшения прочностных свойств лессов, лессовидных образований и красно-бурых глин из-за их способности легко размываться, выщелачиваться и интенсивно выветриваться при взаимодействии с водой.

Преобладающие для Одесского побережья ветры северных румбов со скоростью до 34 м/с вызывают вдольбереговое движение наносов с юга на север с накоплением их в северных частях бухточек и угон с южных частей, где и отмечается большая интенсивность оползневых смещений.

3.15. Формирование оползневых склонов Одесского побережья Черного моря подчиняется законам, сформулированным для склонов речных долин равнинных областей. Особое значние для данного региона приобретает экспериментально установленная зависимость интенсивности развития оползней от неотектонических перемещений структурных блоков, отметки поверхностей которых изменяются от 15 до 60 м. Эта закономерность позволяет сформулировать такой всеобщий закон развития оползней: интенсивность развития оползней зависит от интенсивности и знака неотектонических перемещений структурных блоков.

3.16. Гидрогеологические специфические условия Черноморского побережья Одессы определяются наличием четырех горизонтов подземных вод. С водами первого горизонта связано формирование оползней в лессах и лессовидных образованиях. Трещинные воды в известняках понтического яруса оказывают довольно существенное гидростатическое и гидродинамическое давление воды на блоки пород, в разной степени отчлененные от основного массива. Удельный вес этих давлений в снижении устойчивости склонов достигает 10 %. Воды третьего горизонта в толще мэотиса формируют поверхности смещения оползней с захватом пород этой толщи; они создают значительные по величине взвешивающие и разуплотняющие давления. Около 22 % оползней региона образовались под влиянием вод второго и третьего горизонтов. С водами четвертого горизонта связаны повторные смещения в обвально-осыпных и оползневых накоплениях.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ В ПРЕДЕЛАХ БЕРДЯНСКОГО И БЕЛОСАРАЙСКОГО ЗАЛИВОВ

3.17. Оползневые склоны Бердянского и Белосарайского заливов Северного Приазовья рекомендуется объединить в один инженерно-геологический тип с двумя подтипами (см. приложение).

3.18. Структурно-тектонические особенности формирования оползневых склонов состоят в том, что они приурочены к зоне сочленения Черноморской впадины с Северо-Кавказской частью Русской платформы. В современном рельефе структурно-тектонические блоки региона возвышаются над уровнем моря на 20–60 м. Современные тектонические движения обусловливают погружение территории со скоростью 1 см/год.

3.19. Оползневые склоны вскрывают следующие литолого-генетические комплексы пород:

верхне-, среднечетвертичные эолово-делювиальные и элювиальные суглинки ($ea - eQ_{II-III}$) общей мощностью от 10 до 20 м. В приповерхностных частях склонов грунты интенсивно выветриваются с образованием гипсов в виде порошкообразных налетов или отдельных друз. При взаимодействии с водой суглинки легко теряют прочность, размываются, обладают плывунными свойствами, суффозионно неустойчивые. Покровные отложения в оползневом процессе играют существенную роль. Наибольшая пораженность оползнями наблюдается на участках, где мощность суглинков превышает 10 м (вероятность проявления оползней здесь составляет $P = 0{,}8$);

нижнечетвертичные элювиальные литифицированные и трещиноватые (eQ_{II}) красно-бурые суглинки и глины. Тонкодисперсная составляющая грунтов Na-монтмориллонитового состава. При взаимодействии с водой грунты набухают (давление набухания 0,25 МПа);

переслаивание верхнеплиоценовых апшеронских лиманно-озерных разнозернистых песков (от мелких до гравелистых) и глин ($lim\ N_2^3 ap$). Пески легко размываются водой, суффозионно неустойчивые, содержат первый водоносный горизонт воды. Глины иллитовые, трещиноватые, при взаимодействии с водой легко теряют структурную прочность. Они служат относительным водоупором для водоносных пачек песков. Кровля верхнеплиоценовых отложений возвышается над уровнем моря от 10–15 м (в пределах Бердянского залива) до 20–40 м (в пределах Белосарайского залива). Их мощность колеблется от 10 до 40 м. В толще апшеронских слоев формируются основные зоны смещения оползней, т.е. эти грунты являются основным деформируемым горизонтом (ОДГ);

куяльницкие лиманно-морские переслаивающиеся пески и глины ($lim - m\ N_2^3 k$). Пески мелкие, суффозионно неустойчивые. Глины трещиноватые, высокой степени литификации являются региональным водоупором второго водоносного горизонта в указанных выше песках. Кровля отложений в пределах Бердянского и Белосарайского заливов находится на уровне моря или опускается на глубину 2–5 м. Оползнями захватывается обычно верхняя часть куяльницких глин. Иногда глины полностью срезаются оползнями; их поверхностью смещения в этих случаях служат плотные пески. Наибольшая частота оползнепроявлений ($P = 0{,}75$) отмечена на участках, где кровля песков залегает на глубине ниже отметки – 5 м.

3.20. Гидрогеологические условия формирования оползневых склонов первого инженерно-геологического типа обусловлены наличием в массиве пород двух водоносных горизонтов: первого – в песках апшерона, второго – в песках куяльницкого яруса.

Воды I горизонта безнапорные, питаются за счет атмосферных осадков, а в районе городов Бердянска и Жданова – за счет инфильтрации бытовых вод. Статический уровень горизонта в пределах Бердянского залива устанавливается на абсолютной отметке 5–10 м, в пределах Белосарайского залива – на отметке 20–30 м. Экспериментально доказано, что интенсивность проявления оползней на участках с отметкой уровня воды более 5 м имеет вероятность $P = 0{,}7$; на участках залегания горизонта воды на отметке 20–30 м $P = 0{,}9–1{,}0$. На активизацию оползней влияет водообильность горизонта вод. Так, например, при дебите источников горизонта 0,01–0,5 л/с вероятность оползнепроявлений составляет $P = 0{,}8–1{,}0$, при дебитах ниже 0,01 л/с – $P = 0{,}5$.

Воды II горизонта залегают ниже или на уровне моря. Они обладают напором, величина которого

колеблется от 10–15 м (P=0,86) до 15–20 (P = =0,81). При напоре менее 10 м интенсивность оползнепроявлений значительно меньше (P = 0,6), чем при напоре более 15 м.

3.21. Оползневые склоны имеют высоту 25–60 м, их крутизна изменяется от 10 до 30°. В осенне-весенний период при выпадении экстремального количества атмосферных осадков и в период оттепелей, когда максимально проявляется эффект размораживания грунтов, отмечается повсеместная активизация оползней.

3.22. Оползневые склоны подтипа А имеют ступенчато-вогнутый в плане профиль с четко выраженными стенками отрыва, оползневыми уступами, западинами, трещинами отрыва, клифом. Поверхностями ослабления в массиве пород являются апшеронские мягкопластичные глины с прослоями песков, имеющие горизонтальное залегание. Склоны подвержены процессам абразии. Максимальная для региона интенсивность абразии отмечается на участках с азимутом береговой линии 50–80° (средняя скорость отмыва пород клифа составляет 7 м^3/м); интенсивность проявления оползней здесь составляет P = 0,81. При азимутах береговой линии 80–110° величина отмыва пород клифа равна 0,5–2,5 м^3/м, а вероятность оползнепроявлений P=0,36. Установлено, что коэффициент устойчивости оползневых склонов при отмыве грунтов клифа от 2 до 15 м^3/м ежегодно уменьшается на 0,1–0,7 %, соответственно определяя продолжительность оползневого цикла от 8 до 100 лет. Над акваторией Азовского моря преобладают ветры восточных румбов. Скорость штормовых ветров достигает 25 м/сек. Штормы могут продолжаться в течение нескольких дней, вызывая вдольбереговое перемещение наносов с СВ на ЮЗ, которые в основном формируют береговую линию.

3.23. В природных условиях склоны подтипа А следует считать неустойчивыми. При оценке их устойчивости наиболее достоверные результаты можно получить с помощью методов обратных расчетов, сравнительно-геологического анализа совместно с многофакторным регрессионным анализом и алгоритмами теории распознавания образов. Для оползней течения целесообразно применение гармонических функций. Для повышения устойчивости данных склонов рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Оползневые склоны подтипа А в пределах рассматриваемых участков имеют практически повсеместное распространение. Они не встречены на участках причленения кос Бердянской и Белосарайской к коренному склону.

3.24. Оползневые склоны подтипа Б имеют вогнутый в плане профиль и опираются на морскую голоценовую террасу и днища балок, открывающихся на побережье. В природных условиях они, как правило, задернованы, имеют современный возраст и образовались при ином базисе эрозии (абразии). В настоящее время они локально неустойчивые. Возможные смещения оползней типа оплывин, сплывов, потоков связаны с водообильными затяжными или ливневыми дождями и выходами подземных вод на поверхность склона. Для повышения устойчивости этих участков склонов рекомендуется выполнять регулирование поверхностного стока и каптаж вод источников, защита растительности. Оценка устойчивости данных участков склонов может быть выполнена с помощью сравнительно-геологического анализа совместно с гармоническими функциями.

Для оползневых склонов характеризуемых участков типичными являются оползни выдавливания блокового типа, в пределах которых формируются многочисленные повторные смещения типа оползней течения. Современная активизация оползней выдавливания может быть связана с хозяйственной и инженерной деятельностью человека, с водообильными атмосферными осадками. Поверхностями ослабления в массиве пород в пределах распространения склонов подтипа Б являются слои мягкопластичных глин Апшерона и Куяльницкого яруса, имеющие горизонтальное залегание.

Расчетами установлено, что различного рода антропогенные пригрузки склонов данного инженерно-геологического типа на 0,1–0,3 МПа уменьшают коэффициент устойчивости склонов на 20 %; напротив, выполаживание склонов до 10–15° повышает их устойчивость на 12 %. Суммарное отрицательное гидростатическое и гидродинамическое давление воды на общую устойчивость склонов достигает 8–24 %.

3.25. Преобладание на склонах северного Приазовья оползней течения и выдавливания объясняется особенностями минерального состава отложений, слагающих склоны. К числу таких особенностей относятся: наличие гипса в покровных отложениях, а также хорошо разложившегося органического вещества. Поэтому при взаимодействии с атмосферными или бытовыми водами в отмеченных грунтах развиваются процессы незатухающей ползучести, которые формируют оползни выдавливания; Na-монтмориллонитовый состав тонкодисперсной части нижнечетвертичных отложений, что предопределяет развитие процесса текучести грунтов; суффозионно неустойчивые прослои песков во всем разрезе склонов.

4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ РЕЧНЫХ ДОЛИН ПРЕДГОРНЫХ ОБЛАСТЕЙ

4.1. Территориями предгорных областей рекомендуется считать краевые части древних платформ и предгорные прогибы, вовлеченные в новейший этап в интенсивные тектонические глыбо-блоковые перемещения со скоростью до 10 мм/год. Разнонаправленные движения тектонических блоков вызывают на этих территориях интенсивное развитие процессов эрозии, формирование высоких (до 300 м) и довольно крутых (в среднем 25–35°) склонов. Амплитуды максимальных поднятий этих территорий составляют 350–400 м, опусканий – 500 м. Участками наиболее сильного проявления оползневых процессов являются структурные блоки с максимальной скоростью поднятий. Оползни имеют также большое распространение на границах

двух смежных структурно-тектонических блоков, испытывающих либо разнонаправленные, либо однонаправленные, но разной скорости, движения.

4.2. Отмеченные территории характеризуются высокой сейсмической активностью. Так, например, для территории Молдавской ССР установлено, что одно 8–9-балльное землетрясение происходит в среднем 1 раз в 17 лет; одно 7-балльное – в 12,5 лет, 6-балльное – в 8 лет, менее 6 баллов – 1,3 раза в год. Упругие сейсмические волны действуют как силовой фактор, который может вызвать плывунные или тиксотропные процессы и вытекание водонасыщенных дисперсных грунтов, вскрываемых склонами, с образованием оползней вытекания. Сейсмичность приводит также к резкому снижению прочности стуктурных связей за счет увеличения трещиноватости массива пород. Установлено, что супесчано-глинистые или песчано-глинистые элювиальные образования, имеющие на этих территориях значительные мощности (до 25–30 м), обладают малыми величинами акустической жесткости. Поэтому они при землетрясениях имеют большие скорости колебания частиц, достигающих 100 см/с. Это может вызвать оползни в названных грунтах.

Основными зонами ослабления и обводнения в массивах пород указанных территорий являются крупные тектонические трещины с зонами рассланцевания и повышенной трещиноватости, а также литогенетические трещины. К этим зонам в большинстве случаев приурочены поверхности смещения оползней скольжения. Оползни приурочены к присклоновой зоне весьма интенсивного выветривания и разгрузки пород, мощность которой достигает здесь 25–30 м. Оползневые склоны в основном имеют верхнечетвертичный – современный возраст.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ НА ТЕРРИТОРИИ КОДР МОЛДАВСКОЙ ССР

4.3. Оползневые склоны территории Кодр Молдавской ССР рекомендуется объединить в четыре инженерно-геологических типа (см. приложение).

4.4. Первый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах поднятых (для данного региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой плато 160 м и вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и подземные воды:

верхненеогеновые – четвертичные элювиально-делювиальные образования [$ed\,(N_2-Q)$] мощностью 5–10 м, представленные легкими комковатыми или лессовидными суглинками твердой или тугопластичной консистенции, сухими в верхних частях разреза и влажными к подошве слоя, за счет чего грунты приобретают мягкопластичную консистенцию. Суглинки легко размываются поверхностными водами и размокают при взаимодействии с водой. С грунтами связано формирование оползней потоков, сплывов, оплывин и малых по объему оползней скольжения со смещением пакетов пород по грунтам мягкопластичной консистенции со средней мощностью 3–5 м;

нижненеогеновые отложения среднего сармата ($N_1 s_2$), представленные тремя пачками: слоистые ожелезненные глины с падением в сторону склонов под углом 3–5° и с прослоем тонкозернистых песков; разнозернистые пески с глинистыми прослоями или с прослоем песчаника (мощностью 0,1–0,2 м); алевритистые глины, которые в зонах разрывов трещиноватые, рассланцованные. Пески содержат до 12 % глинистых частиц монтмориллонитового состава, обладают способностью вытекать при динамических воздействиях, образуя оползни вытекания. Глины отличаются повышенным содержанием (до 68 %) монтмориллонита и высокой степенью тектонической трещиноватости с падением трещин в сторону склона под углом 10–20°. В зонах трещин они имеют мягкопластичную консистенцию. При взаимодействии с водой они сильно набухают (величина набухания до 43 %), развивая давление набухания до 0,48 МПа; два горизонта подземных вод, часто напорных, приуроченных к пескам (песчаникам) и к зонам тектонической трещиноватости. На участках дренирования этих вод склонами образуются оползни течения.

4.5. Территории с развитием склонов первого инженерно-геологического типа (см. приложение) имеют большую эрозионную расчлененность со склонами высотой до 160 м. По крутизне склоны распределены таким образом: склоны крутизной более 10° составляют около 42 %, крутизной 2–6° – около 36 %, менее 2° – 22 %. Установлено, что максимальная пораженность территории оползнями отмечается на склонах крутизной от 8 до 20°.

4.6. Оползневые склоны имеют ступенчато-выпуклый профиль, подмываются рекой. Мощность оползневых накоплений здесь составляет 15 м. В природных условиях они относятся к неустойчивым. Для повышения их устойчивости рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Оценка устойчивости склонов и прогноз ее изменения рекомендуется выполнять методами, перечисленными в гр. 15 приложения.

Примером склонов данного типа являются оползневые склоны в пределах территории г. Калараша Молдавской ССР.

4.7. Второй инженерно-геологический тип объединяет оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой плато 360–370 м, вскрывшие следующие литолого-генетические комплексы пород и подземные воды:

нерасчлененные верхненеогеновые-четвертичные элювиально-делювиальные образования [$ed\,(N_2-Q)$] мощностью до 25 м, которые имеют следующие особенности состава, состояния и свойств: невыдержанность по простиранию и глубине различных литологических типов грунтов. Твердые комковатые водоустойчивые глины и тяжелые суглинки сменяются суффозионно неустойчивыми и легко размываемыми водой лессовидными суглинками и супесями; сухие грунты твердой консистенции замещаются водонасыщенными грунтами мягкопла-

тичной консистенции; наличие в толще образований экзогенных трещин бортового отпора и усадки, выполненных песчаным или алевритистым материалом. Трещины служат путями фильтрации и местом аккумуляции поверхностных вод, которые в 8–10 раз снижают прочностные свойства грунтов, создают гидростатическое, взвешивающее и гидродинамическое давление воды; гипсовые стяжения и друзы, которые при взаимодействии с водой выщелачиваются, вызывая разуплотнение массива и уменьшение устойчивости склонов;

нижненеогеновые мэотические пески ($N_1 m$) значительной мощности, суффозионно неустойчивые. С толщей связаны оползни выплывания, которые приурочены к местам дренирования вод склонами;

нижненеогеновые верхнесарматские песчано-глинистые отложения ($N_1 s_3$) значительной мощности, состоящие из: песков, глин с прослоем известняка; сыпучих разнозернистых слюдистых песков, суффозионно-неустойчивых, легко размываемых водой; глин тугопластичной и твердой консистенции, сильно трещиноватых, с подчиненными прослоями песка; прослои крепких тонкозернистых песчаников. Глины и песчаники являются региональным водоупором подземных вод;

нижненеогеновые среднесарматские отложения ($N_1 s_2$), которые представлены: толщей переслаивания разнозернистых песков с прослоями глин и глин твердой консистенции, сильно трещиноватых; толщей разнозернистых песков с тонкими прослоями глин и песчаников, суффозионно неустойчивых; толщей глин с кристаллами гипса, обломками ракуши, с прослоями алевритов и глинистых песков, участками интенсивно трещиноватых. Глинистые грунты на 45–55 % состоят из монтмориллонита, на 30–40 % из гидроглюд и на 9–20 % из каолинита. Поэтому в отличие от глинистых грунтов, слагающих склоны первого инженерно-геологического типа, эти грунты менее гидрофильны, но также обладают способностью к набуханию (величина набухания 5–23 %) в условиях длительного увлажнения;

пять горизонтов подземных вод, залегающих и дренируемых оползневыми склонами на разных высотных уровнях. Они также оказывают на породы склона гидростатическое, взвешивающее, гидродинамическое, расклинивающее давления, способствуют гидродинамическому удару при землетрясениях, в 8–10 раз вызывают уменьшение прочности структурных связей глинистых грунтов.

4.8. Оползневые склоны второго инженерно-геологического типа подмываются рекой, имеют ступенчато-выпуклый профиль, высоту до 290 м при средней крутизне 40° вверху, 7° внизу и в средней части 15–25°. Стенки отрыва современных оползней имеют высоту до 20 м при крутизне 40–60°. Поверхности смещения оползней приурочены к прослоям суффозионно неустойчивых песков (оползни выплывания), к литогенетическим и к тектоническим зонам трещиноватости с падением в сторону склона под углом 10–20° и 60° (оползни скольжения).

Оползни выплывания, редко просадочные, а также повторные смещения в оползневых накоплениях типа оплывин, сплывов, потоков связаны с выходами подземных вод на поверхность.

4.9. В природных условиях склоны второго типа неустойчивые. Для повышения их устойчивости рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Оценка устойчивости склонов и прогноз их развития рекомендуется выполнять методами, перечисленными в гр. 15 приложения. Примером склонов данного типа являются оползневые склоны в пределах поселка Ниспорены Молдавской ССР.

4.10. Третий инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с амплитудой поднятия 160 м (отметка плато 160 м), вскрывшие такие литолого-генетические комплексы пород, грунтовые и подземные воды:

нерасчлененные верхненеогеновые — четвертичные [$ed\ (N_2 - Q)$] элювиально-делювиальные образования мощностью до 7 м, представленные тугопластичными слабовлажными суглинками с прослоем мелкозернистых обводненных песков. С выходами грунтовых вод на поверхность связано образование оползней выплывания, сплывов, оплывин, потоков, а также смещения пакетов и глыб пород элювиальных образований;

нижненеогеновые верхнесарматские ($N_1 s_3$) разнозернистые обводненные пески с галькой и суглинки твердой консистенции. В местах выхода вод на поверхность образуются оползни выплывания (связаны с суффозионным выносом пылеватых и песчаных частиц), сплывы, оплывины, потоки;

нижненеогеновые среднесарматские отложения ($N_1 s_2$), которые представлены в основном глинами (до 50 м) и песками незначительной мощности (около 2 м). Это предопределило формирование на склонах данного типа крупных по объему оползней смещения блоков и пакетов пород. Их поверхности смещения приурочены к зонам тектонической трещиноватости и рассланцевания с падением плоскостей трещин в сторону склона под углом 20–25°;

горизонт грунтовых и два горизонта подземных вод (в песках верхнего и среднего сармата), дренируемых оползневыми склонами.

4.11. Склоны третьего типа имеют ступенчатый профиль, высоту до 75 м, среднюю крутизну 16°. Высота современных оползневых стенок отрыва равна 10–12 м при их крутизне 28°. Склоны не подмываются рекой, опираются на пойму. В природных условиях они локально неустойчивые, где возможны эпизодические оползни, вызванные переувлажнением или размывом пород зон выветривания.

Для повышения устойчивости указанных участков рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Методика оценок устойчивости склонов и прогноз их развития рекомендуются те же, что и для склонов второго инженерно-геологического типа.

Примером склонов данного типа являются оползневые склоны левого берега р. Быковец в Молдавской ССР.

4.12. Четвертый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформиро-

ванные в пределах поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой плато 160 м и вскрывшие такие литолого-генетические комплексы пород, грунтовые и подземные воды:

элювиальные образования в верхнесарматских отложениях ($e N_1 s_3$) мощностью 25 м, представленные разуплотненными суффозионно неустойчивыми, легко размываемыми и размокаемыми песчано-глинистыми грунтами;

толща переслаивающихся между собою глинистых и песчаных грунтов верхнего сармата ($N_1 s_3$). Она представляет собою чередование слоистых глин с примазками и тонкими прослоями алеврита, разнозернистых песков, песчанистых глин и глинистых песков. Глинистые частицы состоят на 40–45 % из монтмориллонита, на 30–40 % из гидрослюд, на 15–25 % из каолинита. Глинистые пески при сотрясениях приобретают плывунные свойства и вытекают;

толща глинистых и песчаных грунтов среднего сармата. В отличие от склонов второго, третьего инженерно-геологических типов песчаные отложения этих склонов являются сухими, поэтому здесь не образуются оползни, связанные с суффозионным выносом песчаных частиц;

верховодка в элювии и два горизонта подземных вод в песках верхнего сармата ($N_1 s_3$), дренируемые склоном.

4.13. Отмеченные в п. 4.12 особенности строения склонов предопределили формирование оползней только в верхних и средних частях. Нижняя граница их развития приурочена к отметкам залегания второго горизонта подземных вод (около 86 м). Поверхности смещения оползней течения формируются на участках выхода подземных и грунтовых вод на поверхность и суффозионного выноса песчаных частиц; оползни скольжения блоков и пакетов пород происходят по литогенетическим трещинам с падением в сторону склона под углом 4–8° и по крупным тектоническим трещинам с углом падения в сторону склона 70–20°. Склоны имеют ступенчатый профиль, высоту 60–65 м, среднюю крутизну 10°. Высота стенок отрыва современных оползней составляет 10–12 м при крутизне 16–80°; пологие части оползневых ступеней имеют крутизну 5–6°. Они опираются на пойму и не подмываются рекой.

Водообильные затяжные или ливневые дожди могут явиться причиной активизации оползней течения, поскольку грунты, слагающие склоны, являются неустойчивыми к воде.

4.14. Склоны четвертого типа в природных условиях рекомендуется отнести к категории локально неустойчивых, т.е. катастрофические эпизодические смещения могут быть вызваны только на отдельных участках. Например, в местах локального поступления поверхностных вод или хозяйственной деятельности человека, способной активизировать оползневой процесс.

Для повышения устойчивости таких участков рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Примером склонов данного типа являются оползневые склоны на территории Кишинева в районе Сельскохозяйственного института.

4.15. Зонально-климатические условия рассмотренного региона имеют общие черты своего проявления на образование оползневых склонов всех четырех типов. Для региона отчетливо выделяются два периода активизации оползней течения, связанных с переувлажнением грунтов атмосферными водами: 1911–1924 гг. и 1943 г. – до настоящего времени. Оползни происходят в тех случаях, когда сумма единовременно выпавших осадков в 1,5 и более раз превышает среднее многолетнее значение, установленное для данного периода (периода продолжительных затяжных или ливневых дождей). Так, например, годы активизации оползневых процессов (в 1963, 1966, 1967, 1969, 1973 гг.) характеризуются аномально высоким количеством осадков (400–440 мм) за период с сентября по март месяцы; это в 1,6 раза больше их нормы за этот же период года. Такая же закономерность типична для большинства весенних активизаций оползней в 1912–1915, 1922, 1932, 1936, 1940–1941, 1947, 1958 гг. Активизация оползней в 1933, 1935, 1948, 1968, 1971, 1972 гг. связана с выпадением большого количества осадков в виде ливней в летнее или осеннее время.

4.16. При инженерно-геологической типизации оползневых склонов речных долин предгорных областей дополнительно к вышерассмотренным законам, регламентирующих и теоретически обосновывающих выделение инженерно-геологических типов, рекомендуется пользоваться законами:

максимальное количество оползней приурочено к участкам склонов развитых: в пределах структурно-тектонических блоков с максимальной, для региона скоростью новейших поднятий; на границе двух смежных тектонических блоков, испытывающих либо разнонаправленные либо однонаправленные, но разной скорости, движения; на участках перекосов блоков;

на участках выхода подземных вод на поверхность склонов из разнозернистых водонасыщенных песков с преобладанием у них тонких и пылеватых разностей и с прослоями глинистых грунтов образуются суффозионные и оползни гидродинамического выпора, а также оползни, потоки, сплывы, оплывины.

5. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ РЕЧНЫХ ДОЛИН ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ

5.1. Формирование склонов речных долин горно-складчатых областей имеет свои характерные особенности. Склоновые гравитационные процессы здесь представлены чаще в сложных переходных формах, что обусловлено большой крутизной и высотой речных склонов. При зарождении склоновых гравитационных процессов любого вида почти всегда наблюдается начальное скользящее движение блоков, пакетов или обломков пород (l), затем их обрушение, раскол и скатывание на различные

расстояния (L). В зависимости от соотношения длины скользящего (оползневого) и обвального движений пород со склонов рекомендуется выделять склоны:

обвального сноса, когда отношение $\frac{l}{l+L}100\,\% \leq$ $\leq 10\,\%$; возможные накопления на пологих участках таких склонов представлены глыбами различных размеров, перемешанные со щебнем;

оползне-обвального сноса при отношении $10\,\% <$ $< \frac{l}{l+L}100\,\% \leq 90\,\%$; накопления такие же, но с отдельными пакетами и блоками пород;

оползневого сноса, если отношение $\frac{l}{l+L} \times$ $\times 100\,\% > 90\,\%$. Для этих склонов характерны накопления в виде блоков и пакетов трещиноватых и раздробленных пород с гнездами щебня и мучнисто-суглинистого материала.

5.2. Склоны речных долин горно-складчатых областей вскрывают породы с прочными кристаллизационными структурными связями. Поэтому основными зонами ослабления массивов пород являются разрывные тектонические нарушения различных порядков, а также серии экзогенных трещин выветривания и разгрузки. Объемы склоновых гравитационных процессов во многом определяются порядком разрывных нарушений, вскрытых склонами, и их ориентировкой по отношению к простиранию склонов.

5.3. В зонах влияния глубинных разломов I–II порядков, субпараллельных склону, обвалы, оползни-обвалы и оползни могут формироваться в пределах зон слабой разгрузки и слабого линейного выветривания с глубиной захвата до 250 м. Объемы единовременных обрушений здесь достигают нескольких сотен миллионов м^3. Они, как правило, приурочены к верхним частям склонов высотой 1000–1700 м, имеющих олигоцен-нижнечетвертичный или среднечетвертичный возраст. В смещение могут быть вовлечены и водораздельные части склонов. Поводом к их образованию служат землетрясения в 8–10 баллов, имеющие в зонах глубинных разломов большую повторяемость ($A_{10}=2$). Указанные явления встречаются не часто и составляют около 0,5 % общего числа зарегистрированных обрушений.

5.4. В зонах влияния разрывов III–IУ порядков, субпараллельных склону, оползне-обвальные процессы развиваются в зонах интенсивной разгрузки и выветривания пород, имея глубину захвата до 60 м. Их объемы достигают нескольких сотен тысяч и первых миллионов м^3.

Они также приурочены к верхним частям склонов олигоцен-нижнечетвертичного или среднечетвертичного возраста, имеющих высоту 1000–1700 м. При обрушении блоки и пакеты пород иногда падают на обломочные обвально-осыпные образования, расположенные на более низких и пологих частях склонов, вызывая осовы объемом в первые миллионы м^3.

5.5. Обвально-оползневые процессы, формирующиеся в тектонических зонах влияния пересекающихся между собой разрывов III–IУ или глубинных разломов I–II порядков, приурочены к зонам интенсивной разгрузки и выветривания пород. Они могут иметь глубину захвата пород до 60 м и объемы обрушений до первых миллионов м^3. В зонах влияния отмеченных выше нарушений, субперпендикулярных склону, а также в зонах влияния пересекающихся разноориентированных и разной крутизны разрывов У–УI порядков смещения имеют глубину захвата интенсивно выветрелых и полностью разгруженных пород от 1–2 до 20 м. По объему здесь преобладают обрушения в тысячи и десятки тысяч м^3.

5.6. Склоны обвального, оползне-обвального и оползневого сноса имеют длительную историю своего формирования. Активизация развития рассматриваемых процессов тесно связана с основными этапами активизации дифференцированных неотектонических перемещений структурных блоков. Для горно-складчатых областей Советского Союза первый этап активизации перемещений тектонических блоков начался в верхнем олигоцене (P_3), что отразилось в резком эрозионном расчленении рельефа с образованием в межгорных впадинах мощных толщ грубообломочных накоплений в плиоцен-нижнечетвертичное время ($N_2-Q_1^1$). Интенсивность речных врезов в это время характеризуется категорией "медленная" и достигает для максимально поднятых в современном рельефе структурно-тектонических блоков 400 м. Средняя крутизна склонов составляла 35–40°. Склоны имели вогнутый в плане профиль с редкими обрывами. Они были относительно устойчивыми. Второй этап активизации тектонических подвижек начался во вторую половину нижнечетвертичного времени (Q_1^2), а интенсивность речных врезов характеризуется как "средняя", имея для отмеченных стуктурных блоков глубину вреза порядка 350 м со ступенчато-вогнутыми в плане профилями склонов средней крутизной 40°. Для этого этапа характерны небольшие по объему и интенсивности склоновые гравитационные процессы. Среднечетвертичное время для горно-складчатых областей характеризуется резкой активизацией дифференцированных тектонических перемещений с усиленной и весьма усиленной интенсивностью эрозионного вреза (третий и четвертый этапы активизации). Его глубина в этот этап достигает 700 м. Склоны речных долин имели выпуклые и ступенчато-выпуклые профили в плане при средней крутизне 65–70°. Для третьего и четвертого этапов развития рельефа горно-складчатых областей характерны грандиозные (до нескольких сот миллионов м^3) смещения пород со склонов при максимальной их интенсивности. Они способствовали образованию серии запрудных озер.

Пятый этап активизации новейших тектонических перемещений структурных блоков и формирования склоновых гравитационных процессов приходится на верхнечетвертичное время. Интенсивность речных врезов в этот этап также характеризуется категорией "весьма усиленная", достигая в пределах указанных выше структурных блоков 150 м при средней крутизне склонов 75°. С пятым этапом связаны грандиозные и крупные (сотни тыс. м^3) обрушения, которые на многих участках горных речных долин создали запрудные озера или обусловили смещения речных русел, а также образова-

ние в руслах рек переуглублений. Современный (весьма усиленный) врез на многих участках горных рек размывает свое древнее верхнечетвертичное русло, выполненное аллювиальными и обвально-оползневыми образованиями. Склоны современного вреза достигают 50 м высоты при крутизне 75–80°. Для данного этапа развития рельефа характерно усиление формирования склоновых процессов.

5.7. Разные по величине тектонические перемещения структурных блоков обусловили ступенеобразное их положение в современном рельефе с характерными для каждого из них выровненными платообразными поверхностями (пенепленами). По интенсивности восходящих движений максимально поднятые в современном рельефе структурно-тектонические блоки, в пределах которых типизируются склоны речных долин, имеют наибольшую скорость и общую амплитуду перемещения за олигоцен-четвертичный период до 2000 м. Поднятые блоки характеризуются меньшими скоростями поднятий и имеют общую амплитуду поднятия 900–1000 м. Наименее поднятые блоки имеют замедленные для горно-складчатых областей скорости перемещений и общую амплитуду поднятия 300–400 м. Относительно опущенные блоки отличаются от предыдущих наименьшей скоростью восходящих тектонических движений, они как бы опущены относительно первых трех ступеней соответственно на 1600–2000, 900–1000, 300–400 м. Неравномерность перемещения структурных блоков по ограничивающим их разрывам вызвала перекосы их пенепленов с разницей в высотах до 300 м.

5.8. Роль неотектонических движений в образовании оползней, оползней-обвалов и обвалов проявляется в их приуроченности к структурно-тектоническим блокам с разной интенсивностью и величиной поднятий в отмеченные выше этапы активизации перемещений. Около 60 % общего числа современных смещений и обрушений пород со склонов, сложенных однотипными литологическими комплексами пород (расположенными в зонах влияния тектонических нарушений одного порядка и ориентировки со склоном, а также имеющих одинаковые условия обводнения и дренирования подземных вод), приходится на максимально поднятые (для региона) в современном рельефе структурно-тектонические блоки и только 6 на относительно опущенные.

5.9. Горно-складчатые области в пределах рассматриваемых регионов Советского Союза относятся к 7–9 - балльной зоне с высокой сейсмической активностью ($A_{10} = 2$) и повторяемостью возможных сильных землетрясений. Период землетрясений 14, 15 и даже 16-го энергетического классов равен 80–200 лет. Эпицентры землетрясений, произошедших за последние 40 лет, приурочены к активно проявляющимся в новейшее и современное время тектоническим разломам, разрывам и узлам их пересечения. Установлена миграция очагов землетрясений по простиранию указанных нарушений. Участки расположения ниш и поверхностей отрыва грандиозных (сотни миллионов м^3) и крупных (первые миллионы и сотни тысяч м^3) обвалов, оползней-обвалов, оползней увязываются с направлением осей растяжения, полученных по слабым и сильным землетрясениям. Причем грандиозные обрушения происходят на участках, где направление оси растяжения нормально к склону; крупные смещения возникли на участках, где данные оси составляют со склоном углы 40–60°.

При землетрясениях в горно-складчатых областях могут возникать резкие внезапные перераспределения напряжений, которые в ослабленных зонах массивов пород нередко превышают по величине прочность самих пород и служат поводом к возникновению крупных и грандиозных обвалов и оползней. Кроме того, упругие сейсмические волны при прохождении через обводненные широкие трещины и разрывы могут вызывать гидравлические удары и плывунные или тиксотропные явления в глинисто-суглинистом и супесчаном заполнителе.

5.10. При формировании речной долины в горно-складчатых областях особо интенсивно проявляются процессы разгрузки, выветривания, выщелачивания и суффозии в породах приповерхностных частей склонов. Это обуславливает образование присклоновых зон разгрузки и выветривания с резко различными механическими и фильтрационными свойствами пород и величинами естественных напряжений. Мощность и интенсивность экзогенного изменения трещиноватых пород с кристаллизационными структурными связями зависит от особенностей среды, действующих процессов и геологической истории развития склонов. Это является одним из главных признаков для прогноза возникновения склоновых гравитационных процессов разных типов, объемов и интенсивности. Прослеживаются четкие закономерности в образовании оползней-обвалов в зависимости от: характера и степени разрушенности пород и их мощности; распределения и величин напряжений в разных зонах; приуроченности к геоморфологическим элементам склонов заданных этапов вреза речной долины. Подавляющее число обвалов и оползней (около 84 % общего количества произошедших древних, старых и современных смещений и обрушений) возникло в зоне весьма интенсивной разгрузки и выветривания. Причем около 50 % явлений приурочено к склонам второй половины среднечетвертичного вреза; наименьшее число явлений приходится на склоны голоценового и верхнечетвертичного врезов (около 10 %). Грандиозные по объему обрушения пород встречены на склонах второй половины нижнечетвертичного и олигоцен-нижнечетвертичного врезов и составляют около 10 %.

5.11. Влияние сейсмичности на формирование оползневых склонов, сложенных дисперсными породами, отражено в следующем законе:

максимальные объемы и интенсивность склоновых гравитационных процессов на склонах, вскрывающих дисперсные породы и расположенных вне эпицентра землетрясений, приурочены при прочих равных условиях к участкам, где подземные воды залегают на глубине менее 10 м, а упругие сейсмические волны подходят к поверхности земли под углом 30–60°.

Проявление сейсмичности на породы с кристаллизационными связями регламентируется таким

законом: объемы и интенсивность склоновых гравитационных процессов в скальных породах при прочих равных условиях зависят от направления растягивающих напряжений (полученных по слабым и сильным землетрясениям) по отношению к простиранию склона.

5.12. Приуроченность оползней, оползней-обвалов и обвалов к разрывным нарушениям регламентируется законом: интенсивность, объемы и типы поверхностей отчленения оползней и обвалов в прочных трещиноватых породах зависят от порядка нарушений и их ориентировки по отношению к склонам.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ ДОЛИНЫ Р. НАРЫН В РАЙОНЕ ТОКТОГУЛЬСКОГО ГИДРОУЗЛА (СЕВЕРНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)

5.13. Оползневые склоны долины р. Нарын в районе Токтогульского гидроузла и водохранилища рекомендуется объединить в одиннадцать инженерно-геологических типов (см. приложение).

5.14. Первый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые и обвальные склоны, сформированные в пределах участков с возможными 7–9 - балльными землетрясениями и вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и подземные воды:

нижнекарбоновые рассланцованные известняки, известковые конгломератобрекчии, туфогенные конгломераты, песчаники и глинистые сланцы каракольской свиты ($C_1^{кук}$). Толща пород сложно построена, сильно трещиновата, дислоцирована. Отложения интенсивно выветриваются. Мощность зоны выветривания изменяется от 60 м (нижнечетвертичные склоны) до 25 м (склоны современного вреза). Данные комплексы пород слагают ядра синклинальных складок. В современном рельефе они слагают структурно-тектонические блоки, которые для региона Северного Тянь-Шаня являются наименее поднятыми. Их древние поверхности выравнивания (пенеплены) имеют средние абсолютные отметки 1000–1100 м. Склоны речных долин, сформированные в этих комплексах пород, имеют среднюю крутизну 35°. В их основании встречены мощные конусы пролювиальных образований, покрытых растительностью, полностью закрепленных, без видимых следов смещений с углом откоса 20°;

безнапорные, редко напорные, горизонты вод в элювиально-делювиальных и в пролювиальных образованиях, дренируемые в нижних частях склонов в виде источников, расходы которых достигают 50 л/мин. В течение года дебиты источников резко изменяются. В засушливые годы они исчезают в июне месяце, а в дождливые действуют весь год. По зонам крупных разрывных нарушений шириной до нескольких десятков метров сформированы долины притоков р. Нарын типа ручья Токтобексай и Сарыкамыш; первый из них постоянно действует, а второй пересыхает в засушливые периоды года.

Пьезометрические уклоны грунтовых вод в пролювиальных образованиях равны 0,2–0,3 и совпадают с углом откоса этих образований под водой.

5.15. Склоны первого инженерно-геологического типа образовались по простиранию зон влияния разрывных нарушений IУ порядка. Поскольку указанные выше литолого-генетические типы пород отличаются повышенной (по сравнению с другими, характерными для региона, типами пород) способностью к выветриванию, то сформированные в них склоны являются склонами делювиально-осыпного и пролювиального сноса. Поверхностями ослабления в них служат многочисленные трещины – смесители разрывов и наложенные на них трещины бортового отпора и разгрузки. Ширина этих экзогенных серий трещин достигает на данных типах склонов 60 см; трещины выполнены вмытым суглинисто-дресвяным материалом. Они падают в сторону склона под углом, изменяющимся от 5–10 до 80°. В приповерхностной части склона (в зоне выветривания) коэффициент экзогенной трещиноватости пород достигает в среднем 6,3 %. Кроме отмеченных, ослабленными поверхностями в породах зоны выветривания являются глинистые грунты с мелкими обломками на границе с невыветрелыми породами. Они, как правило, находятся в сухом твердом состоянии и только лишь в периоды затяжных водообильных дождей могут приобрести текучепластичное состояние.

5.16. Склоны первого типа подразделяются на два подтипа: А и Б (см. приложение).

5.17. Склоны подтипа А имеют прямолинейно-вогнутый профиль в плане. Они опираются на первую, реже вторую, надпойменную аккумулятивную террасу, имеют средний угол откоса 20°, высоту 300–400 м, возраст – нижне, среднечетвертичный. В периоды ливневых водообильных дождей или при интенсивном обводнении хозяйственными бытовыми и промышленными водами, а также при искусственных подрезках склонов возможны оползни-сплывы, оплывины, осовы в обломочных делювиально-элювиальных и пролювиальных образованиях. В типичных для региона природных условиях это склоны делювиально-осыпного и пролювиального сноса, относительно устойчивые. При хозяйственном или инженерном освоении склонов подтипа А необходимо выполнить защитные мероприятия (см. гр. 16 приложения).

5.18. Склоны подтипа Б имеют выпукло-ступенчатый в плане профиль. Они опираются на пойму, реже подмываются рекой. Их высота равна 280–380 м, средний угол откоса 35°. Из этих склонов возможны обвалы, оползни-обвалы, объемами от нескольких сот м^3 до первых тысяч м^3. Оползни-сплывы, оплывины, осовы здесь могут формироваться при тех же условиях, что и на склонах подтипа А. В природных условиях данные склоны рекомендуется относить к категории локально неустойчивых. Для повышения их устойчивости и безопасности работ при освоении склонов целесообразно выполнить защитные мероприятия (см. гр. 16 приложения).

Примером склонов первого инженерно-геологического типа являются склоны долины р. Нарын в районе Токтогульского гидроузла на участках ручьев Токтобексай, Сарыкамыш, Кекбжарсай.

5.19. Второй инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые и обвальные склоны,

сформированные в пределах относительно опущенных (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой древней платообразной поверхности выветривания 800–900 м и вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и подземные воды:

верхнекарбоновые отложения келематинской свиты (C_3^{kl}), состоящие из зеленовато-серых эффузивов и брекчий из плохо окатанных песчаников (около 10 % общей массы), алевролитов и аргиллитов (около 10 %), зеленых эффузивов (около 40 %), известняков (около 20 %), мелкозернистых песчаников (около 20 %) с прослоями аргиллитов и алевролитов (нижняя часть свиты); ярких коричневато-красных песчаников, гравелитов и конгломератов с 30-метровыми буровато-коричневыми пластами эффузивов (средняя часть свиты); 50–70-метровой толщи красноцветных конгломерато-брекчий и гравелитов (верхняя часть толщи). Общая мощность пород келематинской свиты достигает 250 м;

трещинные напорные воды в отложениях карбона. Они залегают на больших глубинах и не оказывают влияния на формирование оползней. Особое значение на устойчивость склонов имеют эпизодически появляющиеся трещинные воды в приповехностной зоне выветривания и разгрузки. Они образуются в периоды дождей, заполняя широкие трещины бортового отпора; при этом могут образоваться столбы воды высотой до 45, шириной до 200 и средней толщиной 30 м. Землетрясения 6 баллов и более в указанные периоды дождей могут вызвать значительный по величине гидродинамический удар и обрушения отчлененных и полуотчлененных блоков пород на склонах данного типа;

горизонты грунтовых вод типа временных верховодок в элювиально-делювиальных и старых обвально-оползневых образованиях. Эти горизонты вод также формируются в периоды водообильных дождей и способны вызвать активизацию оползней типа сплывов, оплывин. Воды дренируются в нижних частях склонов на уровне уреза реки.

5.20. Склоны второго инженерно-геологического типа сформированы по простиранию зон влияния разрывов III–IУ порядков на участках с возможными 7–9-балльными землетрясениями. Поверхностями ослабления пород в приповерхностных частях склонов являются широкие, частично зияющие трещины бортового отпора и разгрузки, наложенные на тектонические нарушения; кроме того, оползни-обвалы и обвалы могут отчленяться от основного массива сериями крупных тектонических трещин, параллельных слоистости с углом падения в сторону склона 5–30°.

5.21. В пределах оползневых склонов рассматриваемого типа выделяются два подтипа: А и Б (см. приложение).

5.22. Склоны подтипа А имеют ступенчато-выпуклый профиль в плане, нижне-, среднечетвертичный возраст. Они опираются на первую или вторую цокольные террасы, реже на пойму, имеют высоту 80–175 м, среднюю крутизну 46°.

5.23. Оползневые склоны подтипа Б второго инженерно-геологического типа имеют выпуклый профиль в плане, нижне-, средне-, верхнечетвертичный и современный возраст. Их высота колеблется от 80 до 180 м, а средний угол откосов равен 46°. Они подмываются рекой.

5.24. В пределах склонов второго типа могут образоваться оползни и оползни-обвалы объемами до нескольких десятков тысяч м^3, как исключение, до первых сотен м^3. В природных условиях данные склоны относятся к категории неустойчивых. Наиболее эффективными методами оценки устойчивости склонов являются методы прислоненного откоса и сравнительно-геологический анализ с применением регрессионного анализа. Для повышения устойчивости склонов и безопасности их освоения рекомендуется выполнить комплекс мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Примером склонов второго инженерно-геологического типа являются склоны долины р. Нарын в районе левобережного притока р. Кара-су восточная.

5.25. Третий инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые и обвальные склоны, сформированные в пределах поднятых (для региона) структурно-тектонических блоков с отм. древней платообразной поверхности выравнивания 1600–1700 м и вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и подземные воды (см. приложение):

нижнекарбоновые органогенные перекристаллизованные известняки керейской свиты (C_1^{kr}). Породы в разной степени битуминозные, разнослоистые (от листоватых, рассланцованных, до толсто- и грубослоистых), мелко-, среднекристаллические, от светло-серых до черных и полосчатых. В приповерхностной части склонов обособляются три присклоновые зоны разгрузки и выветривания. В первой зоне весьма интенсивного выветривания и разгрузки мощностью от 0,3 (современный врез) до 60 м (врез первой половины нижнечетвертичного времени) породы разбиты трещинами выветривания и разгрузки на обломки от 0,4 м в поперечнике до свободно лежащих на склоне глыб и блоков пород объемом от 1–3 до 20–36 м^3; средний коэффициент трещинной пустотности здесь изменяется от 1,3 до 15,6 %, удельное водопоглощение 5–20 л/мин. Трещины бортового отпора и разгрузки имеют ширину 0,3–3 м, зияют на глубину 0,5–40 м, дальше заполнены вмытым супесчано-обломочным карбонатным материалом. Во второй зоне интенсивного выветривания и разгрузки породы вне зон тектонических нарушений не изменены, а в зонах тектонического дробления, катаклазирования и рассланцевания они выветрелые до суглинисто-дресвяного состояния на глубину 20 (склоны верхнечетвертичного вреза) – 400 м (склоны олигоцен-нижнечетвертичного вреза). Коэффициент трещинной пустотности пород здесь изменяется от 1 до 7,1 %, а удельное водопоглощение пород от 0,5 до 5 л/мин. В третьей зоне слабого выветривания и слабой разгрузки породы практически неизменены, а заполнитель тектонических разрывных нарушений ожелезнен и выветрелый на глубину 30 (склоны верхнечетвертичного вреза) – 250 м (склоны олигоцен-нижнечетвертичного вреза; удельное водопоглощение пород здесь изменяется от

0,2 до 1 л/мин, а коэффициент трещинной пустотности от 0,3 до 3,5 %);

трещинные воды типа верховодок в присклоновых зонах выветривания и разгрузки. Они непостоянны, полностью исчезают в засушливые периоды года. Их роль в формировании оползней аналогична со склонами второго инженерно-геологического типа;

периодически исчезающие горизонты грунтовых вод в древних и старых обвальных, обвально-оползневых образованиях.

5.26. Склоны третьего инженерно-геологического типа сформировались по простиранию зон влияния тектонических разрывов III–IУ порядков на участках возможных 7–9 - балльных землетрясений. Поверхностями ослабления и смещения блоков и пакетов пород являются крупные зияющие трещины бортового отпора и разгрузки, наложенные на тектонические.

5.27. В пределах склонов данного типа обособляются два подтипа: А и Б.

5.28. Склоны подтипа А имеют в плане выпуклые или прямолинейно-ступенчатые профили, нижне-, средне-, верхнечетвертичный и современный возраст, подмываются рекой. Их высота равна 900–980 м, средняя крутизна 65°. В пределах данных склонов не сохранились обвальные и обвально-оползневые накопления, они полностью переработаны рекой. Отчетливо сохранились на склонах поверхности смещения и обрушения блоков и пакетов пород. В современном состоянии здесь встречены многочисленные отчлененные и полуотчлененные блоки пород объемами в сотни тысяч м^3, которые находятся в состоянии предельного равновесия. Следовательно, склоны подтипа А относятся к категории неустойчивых. Оценка их устойчивости может быть выполнена сравнительно-геологическим анализом с применением последовательного многофакторного регрессионного анализа, а также метода теории распознавания образов. Для повышения устойчивости склонов и безопасности их освоения рекомендуется выполнять комплекс мероприятий (см. гр. 16 приложения).

5.29. Склоны подтипа Б имеют в плане ступенчато-вогнутые профили, верхнечетвертичный и современный возраст. Они опираются на первую или вторую надпойменную террасу, выработанную в древних обвально-оползневых образованиях. Современное русло реки продолжает размывать указанные образования, которые часто бывают сцементированы карбонатно-глинистым цементом. Высота склонов равна 900–980 м. Причем высота крутых участков склонов обвально-оползневого сноса достигает 500 м при крутизне 65–75°, крутизна аккумулятивных частей склона равна 18–22°. Водообильные дожди вызывают оползни-сплывы, оплывины или осовы в древних обломочных образованиях.

5.30. В природных условиях склоны подтипа Б являются неустойчивыми. Здесь возможны обрушения объемами до первых миллионов м^3.

Методы оценок устойчивости склонов рекомендуются те же, что и для склонов подтипа А. Для повышения их устойчивости и безопасности работ при освоении склонов целесообразно выполнить комплекс мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Примером склонов данного типа являются склоны долины р. Нарын в районе ущельной части Токтогульского водохранилища.

5.31. Четвертый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые и обвальные склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой пенеплена 2800 м и вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и подземные воды (см. приложение):

верхнесилурийские кристаллические сланцы (S_2) и известняки, интенсивно дислоцированные и трещиноватые с падением в сторону склона под углом 20–50°. Породы слагают верхнюю часть склонов;

нерасчлененные нижне-, среднедевонские перекристаллизованные известняки, слагающие среднюю и нижнюю часть склонов (D_{2-3}). Контакт двух толщ тектонический. Это крупная зона разрыва III порядка, являющаяся оперением глубинных разломов I–II порядков, вскрытых в основании склонов. Трещины-сместители отмеченных тектонических нарушений субпараллельны склону и падают в сторону склона под углом 75–90°;

трещинные воды в сланцах и известняках. Они залегают на уровне озера, которое образовалось в результате перекрытия оползневыми накоплениями в верхнечетвертичное время древнего русла реки Кара-су восточная. Выше уреза озера воды скапливаются лишь в периоды затяжных и ливневых дождей, инфильтруясь вниз в течение 1–2 мес. В приповерхностных зонах верхних частей склонов, в пределах стенок отрыва древних оползней, в периоды дождей накапливаются довольно большие объемы вод в трещинах бортового отпора и разгрузки, которые после окончания дождя дренируются склонами в течение 3–5 дней.

Эти воды вызывают постепенное выщелачивание пород зон тектонических нарушений, суффозионный вынос мелких частиц заполнителя трещин, отчленяющих блоки пород от основного массива. Данные процессы приводят к снижению прочности пород и, как следствие, к смещению оползней или к обрушению крупных глыб и блоков. Кроме того, указанные воды создают значительные по величине гидродинамические и гидростатические давления воды на стенки трещин бортового отпора;

горизонты грунтовых вод в обвально-оползневых накоплениях различных возрастных генераций, периодически исчезающие. В приповерхностных частях обвально-оползневых накоплений они могут вызвать небольшие по объему смещения типа сплывов и оплывин.

5.32. Оползневые склоны четвертого инженерно-геологического типа сформировались вдоль крупных зон тектонического изменений пород глубинных разломов I–II порядков и их оперений, сейсмоактивных на протяжении всего плиоцен-четвертичного времени с землетрясениями в 7–9 баллов. Вероятно, в одно из самых сильных для региона землетрясений верхнечетвертичного времени произошло смещение блоков пород объемов в 250 млн. м^3.

В современную эпоху эти оползневые накопления на левом берегу бывшей прареки Кара-су восточной имеют угол откоса 10–30°, а на правом берегу, куда они наползли, обратный уклон под углом 4–6°. В целом склоны данного типа имеют в плане ступенчато-вогнутый профиль, бугристый рельеф. Обвально-оползневой цирк на склонах данного типа может возвышаться над плотиной из обвально-оползневых накоплений на 800–1100 м, имея длину по склону до 1200 м при глубине захвата пород склона до 200 м. Средняя крутизна стенок отрыва равна 40–50°, общая высота склонов 900÷1100 м. В современных условиях воды из запрудных озер частично фильтруются через обвально-оползневые накопления, что фиксируется по шуму воды у берегового конца полосы глыбовых навалов и по выходам крупных источников, которые, сливаясь, дают начало новым ручьям.

5.33. В природных условиях склоны в пределах стенки отрыва древних и старых оползне-обвальных блоков и пакетов пород следует отнести к категории неустойчивых; средняя и нижняя аккумулятивная часть склонов является устойчивой. Искусственные подрезки этих частей склонов, значительное обводнение пород способны вызвать здесь активизацию повторных подвижек. Для повышения устойчивости верхних частей склонов и безопасности хозяйственного освоения нижних частей рекомендуется такой комплекс мероприятий: устройство улавливающих защитных сеток в основании стенок отрыва оползне-обвалов; крепление напряженными анкерами полуотчлененных и отчлененных блоков пород; регулирование поверхностного стока; периодическая уборка со склонов нависающих камней; исключить строительные подрезки склонов.

Типичным представителем склонов четвертого инженерно-геологического типа являются склоны на участках озера Кара-су и Безымяное в 60 км от устья р. Кара-су восточная.

5.34. Пятый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые и обвальные склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой пенеплена 1800–2200 м и вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и подземные воды:

нижнекарбоновые органогенные перекристаллизованные доломитизированные битуминозные известняки керейской свиты (C_1^{kr}). Породы в приповерхностной части склонов мощностью около 80 м находятся полностью в разгруженном состоянии, разбиты крупными трещинами выветривания, бортового отпора и разгрузки на блоки объемом 20–36 м^3 на глубину до 40 м. Средний коэффициент трещинной пустотности их здесь достигает 15,6 %, удельное водопоглощение 20 л/мин; наиболее частые вывалы блоков пород объемом 25 м^3;

средне-, верхнедевонские известняки и доломиты (D_{2-3}), залегающие согласно с нижнекарбоновыми отложениями. Породы в приповерхностной зоне мощностью около 50 м находятся в разгруженном состоянии, разбиты трещинами выветривания, бортового отпора и разгрузки на отчлененные блоки объемом до 10 м^3 на глубину до 20 м. Средний коэффициент трещинной пустотности их здесь достигает 7,2 %; наиболее частые вывалы блоков объемом 5–8 м^3;

верхнекарбоновые красноцветные отложения келематинской свиты (C_3^{kl}), представленные яркими коричневато-красными песчаниками, гравелитами и конгломератами с прослоями буровато-коричневых эффузивов, красно-цветными конгломерато-брекчиями из обломков песчаников, зеленых эффузивов, известняков, аргиллитами и алевролитами. Породы интенсивно дислоцированы, трещиноваты, имеют тектонический (с зоной дробления шириной до 100 м) контакт с известняками и доломитами девона. По этой зоне в течение плиоцен-четвертичного времени известняки и доломиты интенсивно надвигались на красноцветные породы;

трещинные воды в породах средне-верхнего девона, нижнего и верхнего карбона. Их формирование, водообильность и роль в образовании обвально-оползневых явлений на склонах данного типа аналогична со склонами четвертого инженерно-геологического типа;

горизонты грунтовых вод в древних оползневых накоплениях, исчезающие в засушливые периоды года.

5.35. Склоны рассматриваемого типа выработаны в зонах влияния разрывов третьего порядка, субпараллельных долине реки. Русло рек этих склонов приурочено к грабенам. Поскольку эти склоны испытывали в неотектонический этап надвигания, то долина реки имеет ассиметричный профиль с высокими оползневыми склонами (1000–1250 м), имеющие среднюю крутизну поверхности отрыва блоков пород 40°. Оползневой склон в современном облике сформировался в основном в верхнечетвертичное время, когда произошли смещения объемом около 50 млн. м^3. Они образовались, вероятно, во время интенсивных землетрясений, характерных для региона Северного Тянь-Шаня и оценивались в 7–9 баллов. Подошва древних оползневых накоплений находится ниже современного уреза реки примерно на 100 м; следовательно, древние смещения блоков и пакетов пород создали запрудное озеро (см. приложение). Отложения этого озера в настоящее время размываются современным руслом реки.

5.36. Оползневые склоны пятого инженерно-геологического типа имеют прямолинейно-вогнутый в плане профиль, опираются на озерно-аллювиальные образования; средний угол оползневых накоплений равен 18°. Современная устойчивость склонов в природных условиях и рекомендуемый комплекс природозащитных мероприятий для этих склонов аналогичны со склонами четвертого инженерно-геологического типа.

Примером склонов данного типа являются правобережные склоны долины р. Кара-су восточная на участке впадения в нее ручья Караколь (северный борт Карасуйского взбросо-надвига).

5.37. Шестой инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые и обвальные склоны, сформированные в пределах наименее поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой бровки склонов 1000–1100 м и вскрывшие такие специфические

литолого-генетические комплексы пород и подземные воды (см. приложение);

средне-, верхнедевонские перекристаллизованные известняки и доломиты (D_{2-3}). В приповерхностной части склонов мощностью около 20 м породы находятся в разгруженном состоянии. Трещинами выветривания и бортового отпора породы на глубину до 3 м разбиты на обломки до 4 м в поперечнике; наиболее часты вывалы из этой зоны интенсивного выветривания имеют объемы 0,02 м^3; средний коэффициент трещинной пустотности пород здесь равен 1,3 %. Данные комплексы пород слагают стенки отрыва оползней, которые захватывают весь склон, начиная от его подножья;

верхнекарбоновые отложения келематинской свиты (C_3^{kl}), залегающие в основании оползневых склонов рассматриваемого типа. Они служат подошвой для оползневых накоплений из блоков и пакетов известняков и доломитов. Породы представлены красноцветной переслаивающейся толщей аргиллитов, алевролитов, конгломерато-брекчий. Отложения девона и карбона разделены крупным тектоническим разрывом III порядка типа взбросо-надвига, по которому в плиоцен-четвертичное время известняки интенсивно надвигались на красноцветную толщу. Общая вертикальная амплитуда неотектонических перемещений структурных блоков по этому нарушению составляет 1,5 км. Зона разрыва является сейсмоактивной с возможными землетрясениями в 7–10 баллов с высоким уровнем сейсмической активности (A_{10} = 2,0) и повторяемости сильных землетрясений;

трещинные воды в приповерхностной зоне выветривания и разгрузки пород. Воды не постоянные, образуются в периоды водообильных затяжных или ливневых дождей, быстро фильтруются в глубь массива или дренируются склонами по трещинам бортового отпора. Их роль в формировании оползней в целом аналогична вышеописанным инженерно-геологическим типам склонов, характерных для речных долин Северного Тянь-Шаня;

горизонты грунтовых вод в древних оползневых накоплениях. Поскольку оползневые накопления находятся в равновесном устойчивом состоянии, то эти воды в природных условиях не оказывают никакого влияния на устойчивость данных участков склонов.

5.38. Оползневые склоны шестого инженерно-геологического типа приурочены к относительно поднятым по отношению к горсту структурным блокам (см. приложение) и сформировались в зонах влияния разрывов III порядка, ограничивающих горст. Поверхностями смещения оползней являлись крупные трещины-сместители разрывов. Наибольшие объемы оползней на склонах рассматриваемого типа отмечались в верхнечетвертичное время. В этот период для всего региона Северного Тянь-Шаня характерны грандиозные по объему смещения. В пределах склонов данного типа в указанное время также произошли оползни с объемами единовременных смещений до 30 млн. м^3. Оползнями сорван гребень склонов данного типа. Смещения таких объемов в пределах рассматриваемых склонов подготавливались в ходе надвигания массивов известняков на грабен. Поводом к смещению служили сильные землетрясения. Результатом подобных смещений является перекрытие пород грабена оползневыми накоплениями, состоящими из блоков, пакетов и глыб известняков с щебнисто-суглинистым материалом в промежутках. Накопления перекрыли древнюю прареку, создав запруду, в которой образовались озерные отложения мощностью до 150 м. Позже, вероятно, в начале голоценовой эпохи река прорезала новое русло, которое смещено в сторону центральной части грабена. Современный врез реки имеет У-образный профиль.

5.39. Оползневые накопления имеют угол откоса 4–10° в сторону современного вреза, на отдельных участках они имеют обратный уклон. Склон оползневого сноса имеет среднюю крутизну 40°, он возвышается над оползневыми накоплениями на 100–120 м. В современное время он на 2/3 перекрыт шлейфом накоплений действующих незакрепленных осыпей, мощность которых изменяется от 0,3 вверху до 2,5 м внизу.

5.40. Оползневые склоны шестого типа имеют прямолинейно-вогнутый профиль в плане, верхнечетвертичный и современный возраст. В природных условиях верхняя 1/3 склона является потенциально неустойчивой с полуотчлененными блоками и пакетами пород с объемом возможных единовременных смещений в несколько сотен тысяч м^3. Средняя и нижняя часть склонов, перекрытых шлейфом осыпей, является неустойчивой; здесь в периоды водообильных дождей или динамических нагрузок, а также при любом хозяйственном их освоении возможны осовы обломочных образований. Участки склонов, перекрытые оползневыми накоплениями, в природных условиях являются устойчивыми.

5.41. При хозяйственном или инженерном освоении склонов рассматриваемого типа рекомендуется выполнить такой комплекс защитных мероприятий: устройство улавливающих защитных сеток в основании склонов и в верхней части осыпей; закрепить полуотчлененные блоки пород напряженными анкерами; проводить периодическую уборку нависающих глыб и камней в верхней части склонов; зарегулировать поверхностный сток; искусственное (методами технической мелиорации) повышение прочности обломочных образований в пределах развития действующих осыпей на сдвиг.

Типичным представителем склонов данного типа являются склоны на участке впадения р. Кара-су восточная в р. Нарын.

5.42. Седьмой инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые и обвальные склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой пенеплена 1800–2200 м и вскрывшие такие специфические литолого-генетические комплексы пород и подземные воды (см. приложение):

нижнекарбоновые органические перекристаллизованные доломитизированные битуминозные известняки керейской свиты (C_1^{kr}). Характер и степень экзогенного изменения пород в приповерх-

ностной части склонов данного типа аналогичен со склонами третьего инженерно-геологического типа;

трещинные воды в известняках. Они, так же как и воды в пределах склонов вышерассмотренных типов, характеризуются эпизодичностью образования. Их роль в формировании оползней, обвалов сводится к постоянному снижению прочности заполнителей трещин, отчленяющих блоки пород от основного массива, к эпизодическим силовым проявлениям за счет гидродинамического и гидростатического давлений воды на стенки трещин отчленения и смещения блоков пород, к возможному образованию сейсмических ударов (обратного сейсма) в периоды совпадения по времени землетрясений и водообильных дождей.

5.43. Склоны рассматриваемого типа сформированы вдоль зон влияния разрывов III–IУ порядков, сейсмоактивных в современное время с возможными землетрясениями в 7–9 баллов. По указанным нарушениям зафиксированы дифференцированные неотектонические перемещения структурных блоков с общей вертикальной амплитудой в 1,5 км. Поверхностями смещения и обрушения произошедших и вновь формирующихся обвалов и оползней здесь служат трещины бортового отпора и выветривания, различно ориентированные по отношению к склону и с углами падения от 5–10° до 85°.

5.44. Оползне-обвальные склоны седьмого типа имеют выпуклые или прямолинейно-ступенчатые в плане профили нижне-, средне-, верхнечетвертичный, реже современный возраст. Их высота составляет 1600–1700 м, а средняя крутизна равна 65–70°. В периоды дождей со склонов происходят камнепады. Склоны подмываются рекой с интенсивной глубинной и боковой эрозией. Для них характерны единовременные обрушения блоков и пакетов пород объемами в несколько тысяч и первые миллионы м^3. В природных условиях они относятся к категории неустойчивых с подготовленными к обрушению блоками пород до первых миллионов м^3. Оползневых и обвальных накоплений на склонах данного типа не обнаружено из-за их большой крутизны и высоты, а также формы склонов в плане.

5.45. Оценка устойчивости склонов и прогноз изменения устойчивости во времени можно с достаточной уверенностью и точностью выполнить только с помощью сравнительно-геологического анализа с применением многофакторного регрессионного анализа и алгоритмов распознавания образов. Хозяйственной и инженерной деятельности в пределах отмеченных склонов должны предшествовать и сопровождать ее те же виды защитных мероприятий, что и для склонов шестого инженерно-геологического типа.

Примером склонов седьмого типа являются склоны долины Нарын на участке створа Токтогульского гидроузла и ущельной части его водохранилища.

5.46. Восьмой инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые и обвальные склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой пенепленa 1800–2200 м и вскрывшие такие же литолого-генетические комплексы пород и подземные воды, как и склоны седьмого типа. В отличие от последних, рассматриваемые склоны образовались в пределах зон влияния разрывов III–IУ порядков, субперпендикулярных склону. Указанное отличие предопределило образование на этих склонах обрушений значительно меньших объемов (от сотен м^3 до нескольких десятков тыс. м^3) (см. приложение).

5.47. В периоды ливневых и затяжных дождей со склонов данного типа наблюдаются интенсивные камнепады блоков и глыб пород объемами до нескольких десятков м^3, которые разбиваются о склоны и к их основанию доходят в виде щебня и обломков диаметром до 0,3 м в поперечнике. Склоны имеют в плане выпуклые и ступенчато-выпуклые профили, нижне-, средне-, верхнечетвертичный, реже современный возраст. Их средняя высота составляет 1600–2700 м, а крутизна изменяется от 30 до 90°. Они подмываются рекой с интенсивной глубинной и боковой эрозией.

5.48. В природных условиях склоны восьмого типа относятся к неустойчивым. Для оценки их устойчивости и прогноза ее изменения во времени наиболее эффективным является сравнительно-геологический анализ с применением гармонических функций. Хозяйственной и инженерной деятельности в пределах этих склонов должны предшествовать и сопровождать ее защитные мероприятия (см. гр. 16 приложения).

Примером склонов данного типа являются склоны долины Нарын в пределах ущельной части Токтогульского водохранилища.

5.49. Девятый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой пенеплена 1800–2200 м на участках пересечения разрывов III–IУ или У–УI порядков, сейсмоактивных в новейший этап и с возможными землетрясениями в 7–9 баллов. Склоны сложены нижнекарбоновыми органогенными перекристаллизованными доломитизированными известняками керейской свиты (C_1^{kr}). Трещинные воды имеют спорадическое распространение, образуются в периоды дождей и в течение нескольких дней фильтруются в глубь массива или дренируются склонами. Обвально-оползневые накопления на склонах данного типа, как правило, отсутствуют из-за большой крутизны склонов (30–90°) и выпуклых или ступенчато-выпуклых профилей в плане. Они имеют нижне-, средне-, верхнечетвертичный, реже современный возраст. В периоды дождей отмечаются интенсивные камнепады обломков пород со склонов.

5.50. В пределах склонов данного типа происходили и подготовлены к смещению блоки и пакеты пород объемами от первых тысяч до нескольких сотен тысяч м^3. Наиболее часты обрушения объемами в десятки тысяч м^3. В природных условиях указанные склоны следует считать неустойчивыми. Для оценки их устойчивости и прогноза ее изменения рекомендуется применять сравнительно-геологичес-

кий анализ совместно с многофакторным регрессионным анализом и гармоническими функциями. При освоении этих склонов необходимо выполнить комплекс мероприятий (см. гр. 16 приложения).

5.51. Десятый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые и обвальные склоны, сформированные в пределах наименее поднятых (для региона) структурно-тектонических блоков с отметкой пенеплена 1000–1100 м вне зон влияния крупных тектонических трещин и разрывов. Участки образования склонов данного типа относятся к зоне с возможными 7–8-балльными землетрясениями. Склонами вскрыты нижнекарбоновые органогенные перекристаллизованные доломитизированные и битуминозные разнослоистые известняки керейской свиты (C_1^{kr}). Породы в приповерхностной зоне выветривания и разгрузки мощностью от 0,3 м (склоны современного вреза) до 60 м (склоны олигоцен-нижнечетвертичного вреза) разбиты экзогенными трещинами на обломки и блоки объемом от 0,02 до 36 м^3. В периоды дождей в пределах этой зоны формируются горизонты трещинных вод, имеющих спорадическое распространение и исчезающие в засушливые периоды года.

5.52. Поверхностями ослабления в массиве пород являются трещины выветривания и бортового отпора протяженностью до нескольких метров, часто зияющие, развиты в приповерхностной зоне выветривания и разгрузки. Обрушения обломков и глыб пород с данных типов склонов имеют объемы от долей м^3 до нескольких десятков, реже сотен м^3. Их активизация приурочена к периодам ливневых или затяжных дождей, а также к землетрясениям силой 5 и более баллов. Как правило, в нижних частях склонов данного типа сформирован конус обвально-осыпных обломочных образований, закрепленных, устойчивых, перекрытых с поверхности маломощным шлейфом незакрепленных действующих осыпей.

5.53. Склоны десятого типа имеют прямолинейно-вогнутый в плане профиль, нижне-, средне-, верхнечетвертичный и современный возраст. Их средняя высота равна 250–300 м, средняя крутизна склонов обвально-осыпного сноса равна 45°, а нижней аккумулятивной части – 26°. Они слабо подмываемые рекой. В природных условиях это относительно устойчивые склоны. При хозяйственном и инженерном их освоении рекомендуется выполнить комплекс защитных мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Примером склонов данного типа являются склоны правого берега Нарына на участке впадения р. Кара-су восточная.

5.54. Одиннадцатый инженерно-геологический тип объединяет в себя обвальные и оползневые склоны, сформировавшиеся в пределах поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой пенеплена 1600–1700 м вне зон влияния разрывов и крупных тектонических трещин. Склоны вскрывают средне-, верхнедевонские известняки и доломиты тегерекской свиты ($D_2-D_3^{tg}$) с падением в сторону склона под углом 30–35°. Условия формирования, состояние пород в приповерхностных зонах выветривания и разгрузки пород, условия их обводнения и дренирования вод на склонах рассматриваемого типа сходны со склонами десятого инженерно-геологического типа. Они также имеют прямолинейно-вогнутый в плане профиль, нижне-, средне-, верхнечетвертичный и современный возраст. Их высота достигает 900–980 м; крутизна склонов обвально-осыпного сноса в среднем равна 35°, а аккумулятивных – 26°. Они опираются на первую надпойменную террасу, не подмываются рекой. В периоды ливневых или затяжных дождей со склонов данного типа происходят камнепады и малые по объему (до нескольких сот м^3) сплывы, оплывины в делювиально-элювиальных образованиях, а также обвалы блоков и глыб пород.

5.55. В природных условиях склоны указанного типа являются относительно устойчивыми. При их освоении необходимо выполнить комплекс защитных мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Примером склонов данного типа являются склоны долины Нарына на участке выхода из ущельной части Токтогульского водохранилища.

5.56. В дополнение к вышеизложенному следует отметить, что при инженерно-геологической типизации оползневых склонов горно-складчатых областей рекомендуется применять такие законы формирования оползней, оползней-обвалов, обвалов и осовов;

всеобщий закон приуроченности обвалов и оползней к зонам выветривания и разгрузки: подавляющее количество обвалов, оползней-обвалов, оползней формируется в приповерхностной зоне весьма интенсивного выветривания и разгрузки пород;

закон о формировании оползней в зонах разрывных нарушений: объемы обвалов, оползней-обвалов и оползней, образующихся в зонах разрывных нарушений, субпараллельных склону, при прочих равных условиях зависят от среднего расстояния между трещинами-сместителями нарушений. Этот закон подтвержден результатами многочисленных исследований указанных процессов в бассейнах долин рек Нарына, Кара-су, Вахш и других. Установлено, что наибольшие объемы смещений пород со склонов встречены на участках, где склоном вскрываются трещины-сместители разрывов III–IУ порядков со средним расстоянием 12,5 м. При большем расстоянии между субпараллельными трещинами-сместителями оползни и обвалы образуются по более мелким сериям трещин и имеют меньшие объемы. Между отмеченными в законе показателями установлена криволинейная зависимость с корреляционным отношением 0,79;

закон о формировании оползней в зонах разрывов разного падения: объемы обвалов, оползней-обвалов и оползней, формирующихся в зонах разрывных нарушений при прочих равных условиях зависят от углов падения трещин-сместителей, отчленяющих смещающиеся блоки пород от основного массива. Между отмеченными показателями установлена криволинейная связь с корреляционным отношением 0,86;

закон об интенсивности оползней в зонах выветривания: интенсивность проявления обвалов, оползней-обвалов и оползней, сформированных в приповерхностной зоне выветривания и разгрузки,

зависит от глубины экзогенного изменения пород (заполнителя) в трещинах отчленения и смещения блоков (и пакетов) пород. Между регламентируемыми законом показателями установлена отчетливая эмпирическая криволинейная зависимость с корреляционным отношением 0,87;

всеобщий закон приуроченности оползней к зонально-климатическим условиям: интенсивность проявления и объемы приповерхностных оползней (типа оплывин, сплывов, потоков), обвалов, оползней-обвалов и осовов при прочих равных условиях определяются климатическими условиями территории;

закон пространственной приуроченности оползней и осовов к древним погребенным эрозионным ложбинам: на участках древних погребенных эрозионных ложбин в рельефе, подстилающих пород, коренной основы формируются оползни.

6. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ МОРСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ

6.1. Формирование оползневых склонов морских побережий в горно-складчатых областях имеет свои специфические особенности. Здесь особо резко проявляется связь между интенсивностью, режимом неотектонических перемещений и объемами, интенсивностью оползней. Установлено, что активизация оползневых смещений приурочена к этапам активизации дифференцированных разнонаправленных тектонических перемещений структурных блоков. В пределах данных областей обособляются пять таких этапов. Первый – приурочен к верхненеогеновому или к среднечетвертичному времени. Амплитуда поднятий приморских структурных блоков составила в этот этап 120–400 м. Высокие и крутые склоны в это время осложнялись крупными и выдержанными депресиями, с которыми связаны оползни большой интенсивности развития и грандиозного объема. Суммарная мощность оползней в указанном этапе достигла 120 м.

Второй этап активизации развития оползневых склонов приходится на первую половину верхнечетвертичного времени, а для участков, где первый этап начался в верхнем неогене, – на первую половину нижнечетвертичного времени. Амплитуда поднятий прибрежных блоков составила около 60 м, а мощность оползней около 55 м. Третий этап активизации отмечен во второй половине верхнечетвертичного, редко в первой половине среднечетвертичного времени; амплитуда поднятий блоков составляла в среднем 50 м, а мощность оползней 30 м. Четвертый этап развития оползневых склонов начинается на большинстве территорий в первую половину голоценового времени, а пятый – повсеместно во вторую половину голоценового времени.

6.2. Дифференцированные разнонаправленные перемещения структурных блоков создали ступенчатый профиль склонов: крутые части (уклон 30°) сменяются пологими (уклон 3°). Наибольшая интенсивность оползней происходит на крутых участках. За счет детрузивного воздействия эти смещения вызывают оползни и на пологих участках склона.

Оползневые склоны морских побережий горно-складчатых областей сформированы в зонах влияния разрывов или субпараллельных или субперпендикулярных к направлению склонов, а также в узлах их пересечения. Наиболее крупные по объему и по площади оползни образованы на участках, где склоны вскрывают пересечения разрывных нарушений, субпараллельных и субперпендикулярных к склону; здесь же отмечена и максимальная для областей интенсивность их проявления. На участках склонов, вскрывших разрывы, субперпендикулярные к направлению склона, встречены малые по объему и площади оползни-потоки, сплывы и оплывины.

6.3. Основными зонами ослабления массивов пород указанных областей являются трещины-смесители разрывных нарушений. Они отчленяют блоки пород от основного массива, являются путями движения подземных вод и локальными участками развития дополнительных сил гидродинамического и гидростатического давления воды.

6.4. Для горно-складчатых областей характерна высокая сейсмическая активность. Это, как правило, зоны 7–8-балльных землетрясений, а особые грунтовые условия склонов этих областей повышают их сейсмичность на 1–2 балла по сравнению с фоновой. Она проявляется в основном в масштабе геологического времени. Максимальный эффект от сейсмических упругих волн наблюдается при условии совпадения по времени землетрясений с периодами затяжных или ливневых водообильных дождей и морских штормов более 4 баллов.

6.5. Значительное влияние на развитие оползневых склонов названных областей оказывает волновой режим моря. Установлено, что в историческом плане донный размыв грунтов незначительный на участках, где оползни смещались к более низкому уровню моря; здесь преобладает размыв оползневых накоплений в языках оползней, за счет чего образовались клифы высотой от 3–16 м до 30–60 м и крутизной 50–70°. Для всех оползневых склонов морских побережий горно-складчатых областей характерны: практически полное отсутствие или же наличие узких (5–15 м) пляжей; вдольбереговой перенос пляжевого материала и приглубый берег. Эти особенности природных условий создают благоприятные возможности для размыва берегов штормовыми волнами в 4 балла и более. Причем абразия вызывает активизацию оползней только в прибрежной полосе 50–100 м, где она играет первостепенную роль.

6.6. Величина и характер влияния климатических условий на развитие оползневых склонов данных областей имеют резко выраженную зональность. В нижних частях склонов они проявляются в формировании волнового режима моря; количество осадков здесь изменяется с высотой более чем в 2 раза, а это создает разные условия дополнительного увлажнения пород склонов и их пригрузки зимой от больших скоплений снега.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

6.7. Оползневые склоны Черноморского побережья Южного берега Крыма рекомендуется объединить в шесть инженерно-геологических типов (см. приложение).

6.8. Первый инженерно-геологический тип – оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой 400 м в зоне пересечения крупных разрывов, субперпендикулярных и субпараллельных к склону и вскрывшие такие литологогенетические комплексы пород, грунтовые и подземные воды:

терригенные флишевые и флишоидные отложения средней юры ($\dot{I}_2$) и нерасчлененные верхнетриасовые-нижнеюрские ($T_3 - \dot{I}_1$) породы таврической серии. Они представлены чередованием темных аргиллитов, алевролитов и песчаников, интенсивно выветрелых в присклоновой зоне мощностью до 80 м. В верхней части зоны выветривания пород изменены до глинисто-дресвяного состояния с характерной чешуйчато-листоватой текстурой с новообразованиями органо-минеральных соединений, гидроокислов железа, кварца. Грунты зон выветривания при дополнительном увлажнении на 3–6 % утрачивают свою связанность, полностью теряют прочность. Глинизированные аргиллиты в водонасыщенном состоянии склонны к внезапному разжижению. Эти особенности пород предопределили формирование в зонах выветривания оползней. Установлена четкая зависимость между распространением зон выветривания и их мощностью, с одной стороны, и формированием зон оползневого смещения, характером этого смещения и его интенсивностью, с другой:

сложно построенную толщу древних и старых оползневых накоплений, мощностью до 150 м. Они выполняют древние эрозионные ложбины (депрессии). В нижних частях разреза (до 20 м) они представлены полностью оглинившимися аргиллито-песчанистыми грунтами, мелкочешуйчатыми грунтами текучепластичной консистенции. При динамических воздействиях от землетрясений, работающих механизмов грунты даже твердой консистенции обладают склонностью к незатухающей ползучести. В средней части оползневых накоплений вскрыты блоки и пакеты пород таврической серии мощностью до 70 м. В верхней части их разреза встречены суглинисто-глинистые и обломочные накопления пестрого литологического состава. Следовательно, отмеченное строение и состояние грунтов толщи оползневых накоплений создают условия для многократных повторных оползневых подвижек. Их зоны смещения приурочены к плоскостям скольжения древних и старых оползней;

грунтовые воды в оползневых и элювиальных образованиях, а также подземные в зонах тектонических разрывов пород средней юры и таврической серии. Гидрогеологические условия оползневых склонов первого инженерно-геологического типа имеют такие особенности: ярко выраженное двухслойное строение водовмещающей толщи, резко различающейся по своим фильтрационным свойствам по простиранию и разрезу; эрозионные ложбины (депрессии) с большими скоростями движения грунтовых вод и гидравлическими уклонами более 0,3; большой уклон (ступенчатый профиль) рельефа пород таврической серии, что создало уклоны пьезометрической поверхности грунтовых вод, равными 0,2–0,3; связь подземных и грунтовых вод оползневых склонов с подземными водами закарстованных известняков верхней юры, которые дренируются в эрозионные ложбины в основании уступов в известняках, в зоны тектонических разрывов; дополнительная подпитка вод атмосферными осадками, которые скапливаются в межоползневых западинах, оврагах. Воды дренируются склонами в виде многочисленных источников. Наиболее водообильные источники приурочены к древним эрозионным ложбинам в кровле пород таврической серии и средней юры; они вскрываются склонами на разных высотных отметках. Площади распространения современных оползней совпадают с границами наиболее обводненных участков и, следовательно, приурочены к древним эрозионным ложбинам.

6.9. Основными зонами ослабления массивов пород являются крупные трещины – сместители разрывов, расширенные в присклоновых зонах выветривания и разгрузки до нескольких десятков сантиметров с падением в сторону склона под углом 10–80°. Эти трещины отчленяют блоки пород от основного массива и служат зонами смещения древних (средне-, верхнечетвертичных) и старых (голоценовых) оползней в периоды активизации неотектонических дифференцированных перемещений структурных блоков. Современные оползни, как правило, формируются в пределах древних и старых оползневых накоплений и зонами их смещений являются сформированные поверхности отмеченных оползней, прослои тонкочешуйчатых аргиллитов мягко-, текучепластичной консистенции со средними углами падения 25°.

6.10. Оползневые склоны первого инженерно-геологического типа имеют ступенчатый профиль, средне-, верхнечетвертичный и современный возраст, высоту 360–410 м при генеральной крутизне 12°. Высота стенок отрыва современных оползней равна 10–12 м, а межоползневых ступеней достигает здесь 80 м; их крутизна изменяется от 25 до 60°; пологие части оползневых склонов имеют крутизну 4–6°, уступы в оползневых террасах 16–18°. Оползневые накопления могут спускаться ниже уровня воды в море до отметки минус 10–16 м. Склоны интенсивно размываются в периоды штормов, однако скорость смещения оползней превышает скорость их абразионной сработки. Влияние абразии на этих склонах сказывается в зоне около 100 м.

6.11. В природных условиях склоны данного типа являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

6.12. Оценку устойчивости оползневых склонов указанного типа и прогноз ее изменения рекомендуется выполнить методами, перечисленными в гр. 15 приложения. Примером склонов первого инженерно-геологического типа являются оползневые склоны на территории международного лагеря "Спутник" на Черноморском побережье Южного берега Крыма.

6.13. Второй инженерно-геологический тип (см. приложение) включает в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых для региона структурно-тектонических блоков с отметкой 200 м на участках тектонических узлов пересечения разрывов, субперпендикулярных и субширотных к направлению склонов с возможными 8–9-балльными землетрясениями большой повторяемости. Они располагаются на крыльях актиклинальных складок, сложенных интенсивно дислоцированными и трещиноватыми отложениями верхнего триаса и нижней юры ($T_3 - \dot{I}_1$). Оползни приурочены к зонам выветривания и разгрузки пород мощностью около 60 м. С периодами активизации неотектонических перемещений в среднечетвертичное время, в первую и вторую половину верхнечетвертичного (Q_3^1 , Q_3^2), первую и вторую половину голоценового (Q_4^1, Q_4^2) времени связаны этапы активизации развития оползней на склонах данного инженерно-геологического типа.

6.14. Оползневые склоны второго типа имеют до 35 м древних, старых и современных (dpQ_2; dpQ_3^1; dpQ_3^2; dpQ_4^1; dpQ_4^2) оползневых накоплений. В верхних частях (10–12 м) они представлены суглинками с неравномерно распределенными по площади и разрезу включениями обломков песчаника, аргиллитов, алевролитов, известняков. Во время водообильных ливневых или затяжных дождей к этой части разреза приурочены оползни – потоки, сплывы, оплывины с глубиной захвата пород 3–6 м. Нижняя часть (15–25 м) оползневых накоплений состоит из очень плотных суглинков, пачек и пакетов пород таврической серии, хорошо сохранивших свое исходное строение.

6.15. Оползневые и элювиальные образования на склонах указанного типа обводнены; воды иногда напорные с большим уклоном пьезометрической поверхности (до 0,3). Грунтовые воды в верхней части разреза оползневых накоплений приурочены к прослоям и линзам обломков. Суглинистые грунты под воздействием расклинивающего давления этих вод в приконтактных зонах испытывают деформации структурных связей, резкое снижение их прочности, что вызывает развитие в данных зонах процессов незатухающей и затухающей ползучести.

Водоносный горизонт, приуроченный к верхней элювиальной зоне пород таврической серии, обладает напором до 14 м. Он оказывает механическое (расклинивающее) действие на породы, обусловливая формирование ослабленных зон.

Дополнительное обводнение пород данного типа возможно за счет поступления воды из древних балок и из межоползневых западин, в которых скапливаются атмосферные воды. Грунтовые и подземные воды дренируются склонами в виде многочисленных источников. К местам выхода вод на поверхность приурочены оползни течения. В отличие от склонов первого типа, здесь отсутствует связь грунтовых и подземных вод пород, слагающих склоны, с водами известняков верхней юры.

6.16. Поверхности смещения оползневых склонов второго типа формируются по крупным тектоническим трещинам – сместителям разрывов, расширенных процессами выветривания и разгрузки до нескольких десятков сантиметров и выполненных вмытым суглинистым материалом рыхлого сложения, с падением в сторону склона под углом 10–70°; по весьма ослабленным и сформированным зонам смещения в старых и древних оползневых накоплениях с падением в сторону склона под углом 6–12°; по эрозионным ложбинам ступенчатого профиля со средним уклоном 18°; по кровле пород таврической серии с уклоном в сторону моря, ступенчатого профиля с падением (4–6°) – (30–50°).

6.17. Оползневые склоны второго типа имеют ступенчатый профиль, средне-, верхнечетвертичный и современный возраст, высоту около 215 м, с береговым обрывом 30–60 м и оползневыми ступенями 20–30 м. Средний угол падения склонов 10°; крутые части оползневых террас имеют крутизну 25–30°, пологие 4–6°, береговой обрыв – 30–50°. В пределах склонов данного типа отмечена максимальная для побережья интенсивность процессов абразии. Склоны отличаются сильной эрозионной расчлененностью с интенсивным проявлением глубинной эрозии. Глубокое погружение оползневых накоплений ниже уровня моря (до отметки минус 15 м) свидетельствует о том, что скорость абразии на данных участках меньше скорости смещения пород со склонов. Влияние абразии на активизацию оползней сказывается в зоне склона глубиной до 20 м.

Активизация оползней течения по времени совпадает с периодами обильного выпадения осадков. В природных условиях оползневые склоны данного типа являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости рекомендуется выполнять комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения).

Примером оползневых склонов второго инженерно-геологического типа является Восточный Ливадийский оползневой склон Черноморского побережья Южного берега Крыма.

6.18. Третий инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно поднятых для регионов структурно-тектонических блоков с отметкой 190–200 м на участках тектонического узла пересечения субперпендикулярных и субпараллельных к склону разрывов с возможными 8–9-балльными землетрясениями большой повторяемости. В отличие от склонов второго типа, здесь вскрыты интенсивно дислоцированные флишевые и флишоидные отложения средней юры ($\dot{I}_2$) и таврической серии ($T_3 - \dot{I}_1$).

Усиление интенсивности новейших движений структурных блоков с данным типом склонов

приходится на среднечетвертичный период (Q_2). Склоны высотой до 220 м были осложнены крупными оврагами, к которым приурочены древние среднечетвертичные (dpQ_2) и верхнечетвертичные (dpQ_3) оползни. В первую половину голоценового времени оползневые склоны находились в стадии затухания оползневого процесса, поскольку в подножье склонов накапливались морские отложения (mQ_4^1), перекрывающие верхнечетвертичные оползневые накопления.

Новая активизация оползней здесь отмечалась во второй половине голоценового времени (Q_4^2). Суммарная мощность древних и старых оползневых накоплений составляет здесь 40–45 м. Они представлены в основном суглинками твердой и полутвердой консистенции с гнездами переувлажненных обломков песчаников, аргиллитов, алевролитов, а также с пакетами и блоками пород средней юры и таврической серии. В верхних частях склонов данного типа встречены мощные (до 60 м) обвально-осыпные накопления известняков верхней юры (см. приложение). Они создают дополнительную пригрузку склонов вверху и аккумулируют большое количество атмосферных и трещинно-карстовых вод массивов известняков, которые слагают структурно-тектонические блоки, возвышающиеся над этими оползневыми склонами на 900–950 м.

6.19. Оползневые склоны третьего инженерно-геологического типа характеризуются значительной обводненностью пород склонов. На поверхности оползневых накоплений наблюдаются многочисленные выходы источников, мочажины, заболоченность. Толща оползневых накоплений практически на всю мощность (60 м) обводнена. Источниками питания вод являются трещинно-карстовые воды известняков, атмосферные осадки, а также трещинные воды средней юры и пород таврической серии.

6.20. Склоны данного типа имеют ступенчатый профиль, средне-, верхнечетвертичный и современный возраст, высоту до 215 м; береговой обрыв в оползневых накоплениях имеет высоту до 15 м, а оползневые ступени – 20–30 м. Средний угол падения склонов составляет 12°; крутые части оползневых террас имеют углы 30–40°, пологие – 2–6°, береговой уступ – 60°. Оползневые склоны интенсивно размываются морем. Волновой режим моря оказывает значительное влияние на устойчивость склонов в прибрежной полосе шириной до 50 м. В природных условиях склоны являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости здесь рекомендуется выполнять тот же комплекс противооползневых мероприятий, что и для склонов первого типа. Типичным представителем оползневых склонов третьего инженерно-геологического типа являются склоны оползня "Золотой пляж" в пределах Черноморского побережья Южного берега Крыма.

6.21. Четвертый инженерно-геологический тип объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах максимально поднятых для региона структурно-тектонических блоков с отметкой 480 м в зоне тектонического узла пересечения разрывов, субперпендикулярных и субпараллельных к направлению склона с возможными 8–9-балльными землетрясениями высокой повторяемости, например, 8-балльные землетрясения в 1793, 1802, 1823, 1838, 1843, 1869, 1872, 1892, 1900, 1902, 1908, 1927 гг., вызвавшие активизацию оползневых подвижек. Образование оползней здесь началось в среднем плиоцене (N_2), когда были заложены широкие и плоские ложбины на склонах, которые протягивались от основания тектонических уступов в массивах верхнеюрских известняков до берега моря. По этим ложбинам смещались грандиозные по объему блоки известняков. В начале нижнечетвертичного времени (Q_1^1) отмечен для данных территорий новый этап усиления интенсивности восходящих движений прибрежных структурных блоков и погружения блоков в пределах границ современного моря. В это время закладывается современная эрозионная сеть с образованием переуглубленных каньонообразных долин глубиной до 70 м; с этапом также связано смещение новых блоков и пакетов известняков. Оползневые склоны четвертого инженерно-геологического типа в их современном очертании образовались в первую половину верхнечетвертичного времени (Q_3^1), хотя начало их образования относится к первой половине среднечетвертичного времени (Q_2^1).

6.22. Оползневые склоны указанного типа сформированы в интенсивно дислоцированных и трещиноватых флишевых и флишоидных отложениях средней юры и верхнего триаса-нижней юры. В разрезе этих отложений резко преобладают сланцево-аргиллитовые фации над песчаниковой. В приповерхностной зоне мощностью до 100 м они превращены в высокодисперсные глины с многочисленными зеркальными поверхностями скольжения. Оползневые, элювиальные и обвально-осыпные образования на склонах характеризуются значительным обводнением. На поверхности этих склонов отмечены немногочисленные выходы источников. Подземные воды от обрыва в известняках движутся к морю отдельными потоками и создают локальные обводненные зоны в пределах оползневых склонов, к которым приурочены современные смещения типа сплывов, оплывин, потоков. Кроме того, воды аккумулируются в больших объемах в древних эрозионных понижениях в кровле водоупорных пород средней юры и таврической серии. Потоки имеют уклоны до 0,3 и создают значительные силовые воздействия на породы склонов.

Тип зон ослабления и смещения оползней и их соотношение с направлением и крутизной склонов здесь аналогичны со склонами второго инженерно-геологического типа.

6.23. Оползневые склоны четвертого типа также имеют ступенчатый профиль и максимальную для побережья Южного берега Крыма высоту (до 480 м) при средней крутизне 10°. Высота берегового уступа в оползневых накоплениях достигает 20 м, крутизна 60–80°; оползневые ступени имеют высоту до 10–15 м, чаще 2–3 м при крутизне 30–60°; пологие части оползневых террас часто имеют обратный уклон в 2–4°. Для указанных склонов отмечена максимальная для побережья интенсивность абразии и эрозионной расчлененности. Среднее значение отступания бровки откоса оползневых склонов равно 0,08–0,12 м/год при абсолют-

ном максимуме 3,0 м/год. Однако в пределах языков наиболее динамичных оползней береговая линия за 29 лет выдвинута в море; т.е. для данных склонов характерно преобладание скорости движения оползней над скоростью размыва их накоплений. Скорость глубинной эрозии в породах таврической серии достигает 5 см/год. Максимальная скорость роста оврагов достигает здесь 0,75 м/год.

6.24. Влияние климата в пределах склонов четвертного типа подчинено вертикальной зональности и аналогично со склонами первого инженерно-геологического типа (см. приложение). Активизация повторных подвижек и приповерхностных оползней типа течения совпадает с периодами водообильных затяжных дождей. В природных условиях склоны являются неустойчивыми. Рекомендуемый комплекс противооползневых мероприятий здесь аналогичен со склонами первого инженерно-геологического типа.

Примером четвертого инженерно-геологического типа являются оползневые склоны Доломиевского оползня в пределах Черноморского побережья Южного берега Крыма.

6.25. Пятый инженерно-геологический тип (см. приложение) объединяет в себя оползневые склоны, сформированные в пределах относительно опущенных в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой 60 м, в зоне влияния разрывов, субпараллельных к направлению склона с возможными 8–9-балльными землетрясениями высокой повторяемости. Оползневой склон вверху ограничивается тектоническим уступом высотой 30–40 м, который является верхней границей распространения здесь оползней. Развитие оползней и обвалов в пределах отмеченных склонов начинается в плиоцене (N_2); оно обусловлено резкой активизацией тектонических перемещений структурных блоков по разрывам с общей амплитудой поднятия до 100 м. В это время образовалась выдержанная по всему склону депрессия, к которой были приурочены крупные по объему оползни–блоки и пакеты известняков верхней юры, а также их глыбы и обломки. В нижнечетвертичное время (Q_1) эти образования были сцементированы известковым раствором и стали устойчивыми против выветривания и оползневого смещения. Второй этап активизации оползней связан с верхнечетвертичным временем (Q_3), который продолжается в голоцене (Q_4). Оползни (dpQ_3; dpQ_4) приурочены к верхней зоне интенсивного выветривания и разгрузки пород таврической серии мощностью до 25 м. В их строении принимают участие суглинисто-дресвяно-щебнистые грунты; обломочный материал беспорядочно рассеян в суглинистой массе, а его содержание достигает 45 %. Мощность современных (dpQ_4) оползней достигает 25 м, чаще она равна 10–15 м.

6.26. Гидрогеологические условия склонов пятого типа определяются наличием сплошного горизонта подземных вод в зонах выветривания пород таврической серии и грунтовых вод в оползневых, обвальных, делювиально-пролювиальных образованиях, имеющих спорадическое распространение. Воды выклиниваются в виде многочисленных источников в нижних частях склонов. Установлено, что после периодов катастрофических подвижек оползней данного типа склонов наблюдается заметное снижение уровня грунтовых вод по сравнению с их высоким стоянием перед смещениями.

6.27. Пятый тип оползневых склонов имеет прямолинейный с уступами внизу профиль склона, вехнечетвертичный и современный возраст, высоту до 60 м, с проявлением абразии и образионным уступом 3–16 м; средний угол падения склонов равен 13–20°, а береговой уступ – 60°. Влияния атмосферных осадков на активизацию оползней для склонов данного типа не обнаружено. Климатические условия проявляются только в формировании волнового режима моря.

6.28. В природных условиях склоны указанного типа являются относительно устойчивыми. На этих склонах нет условий для образования крупных по объему оползней. Однако на отдельных локальных участках, особенно на выходах на поверхность склона грунтовых и подземных вод, возможны небольшие смещения типа оползней течения. Для предотвращения таких смещений рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения). Примером оползневых склонов пятого типа являются склоны Массандровского оползня (см. приложение).

6.29. Шестой инженерно-геологический тип объединяет в себя речные оползневые склоны (см. приложение), сформированные в пределах относительно поднятых (для региона) в современном рельефе структурно-тектонических блоков с отметкой 185 м в зоне влияния разрывов, субпараллельных к направлению склона с возможными 8–9-балльными землетрясениями высокой повторяемости. Склоны сложены интенсивно дислоцированными флишевыми и флишоидными отложениями таврической серии ($T_3 - T_1$), которые в приповерхностной части мощностью до 25 м выветрелые до суглинисто-дресвяного состояния. Активизация тектонических подвижек, сопровождаемая активизацией оползней, для склонов данного типа отмечена в средне-, верхнечетвертичное (Q_3; Q_2) и современное (Q_4) время. Перекосы структурных блоков и большие скорости их поднятий в голоцене (Q_4) явились одной из основных причин повторных оползневых смещений в древних и старых оползневых накоплениях общей мощностью до 25 м.

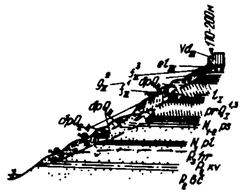
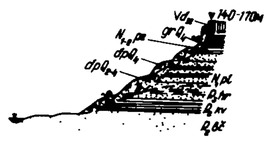
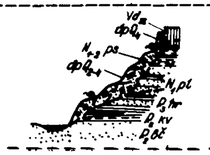
6.30. Оползневые и элювиальные образования на склонах данного типа, в равной мере как и на склонах первого-второго типов, обводнены, а грунтовые и подземные воды образуют единый водоносный горизонт с уклоном поверхности воды 0,3. Долины рек на этих участках испытывают интенсивную донную и боковую эрозию, вызывая постоянные смещения типа оползней скольжения и течения. Основными зонами смещения оползней здесь служили крупные тектонические трещины – сместители разрывов, расширенные процессами выветривания и разгрузки до нескольких десятков сантиметров, с вмытым суглинистым заполнителем рыхлого сложения и углами падения 18–70°; повторные смещения оползней течения приурочены к зонам

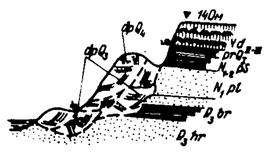
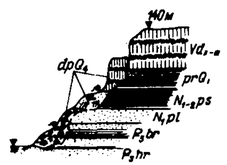
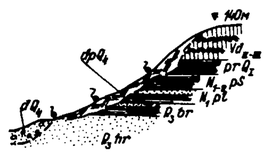
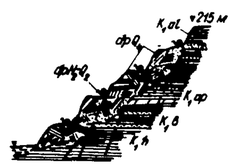
выщелачивания грунтов и к старым поверхностям смещения.

Склоны имеют прямолинейные с уступами внизу профили, высоту до 150 м, среднюю крутизну 18°. Ливневые и затяжные дожди усиливают боковую и донную эрозию рек, которые в засушливые периоды могут пересыхать, размывают и обводняют оползневые и элювиальные накопления, способствуя тем самым активизации оползней.

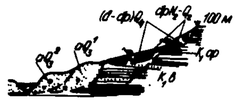
6.31. В природных условиях оползневые склоны шестого инженерно-геологического типа являются неустойчивыми. Для повышения их устойчивости рекомендуется выполнить комплекс противооползневых мероприятий (см. гр. 16 приложения). Примером склонов данного типа являются склоны Авундийского оползня в долине р. Авунды в пределах Черноморского побережья Южного берега Крыма.

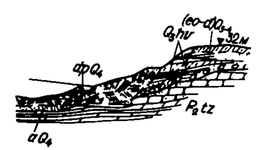
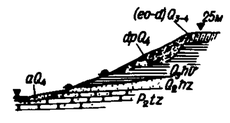
Пример инженерно-геологической типизации оползневых склонов в пределах типичных регионов СССР применительно к задачам прогноза их устойчивости и инженерной защиты

Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип: литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия	Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип: соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов: профиль склона	возраст	высота	крутизна	климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии	Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Первый (территория Киева)	Верхнечетвертичные лессы (Vd_{III}), погребенная почва (el_{III}); средне-четвертичные флювиогляциальные пески (f_{II}^{3}), моренны (g_{II}^{2}) и подморенные флювиогляциальные пески (f_{II}^{1}); нижнечетвертичные пресноводные суглинки (l_{I}), бурые глины ($prQ_{I}^{1,2}$); нижне-, верхненеогеновые пестрые глины ($N_{1-2}ps$); нижненеогеновые пески полтавской свиты (N_1pl); верхнепалеогеновые пески харьковской свиты (P_3hr); среднепалеогеновые наглинки, мергели киевской свиты (P_2kv) и пески бучакской свиты (P_2bc)	Максимально поднятые для региона на структурнотектонические блоки с отметкой плато 170–200 м	I горизонт воды в пресноводных суглинках, II – в песках харьковского яруса	А	Мягко-, текучепластичные бурые ($prQ_{I}^{1,2}$) и пестрые ($N_{1-2}ps$) глины, наглинки (P_2kv) имеют горизонтальное залегание	Ступенчато-выпуклые	Нижне-, среднечетвертичные, реже современные	80–100 м; уступ в плато –15–25 м	15–45°; уступы – до 80°	80 % при поверхностных оползней связаны с дождями, как в 1764, 1826, 1839, 1844, 1846, 1848, 1849, 1853, 1870, 1871, 1880, 1892, 1906, 1907, 1915, 1932, 1933, 1960, 1961 гг. 3,1 млн. м³ подпитывают грунтовые воды	Склоны, подмываемые рекой с интенсивной боковой эрозией		Оползни блокового типа: срезающие и пластические. Повторные сплывы, оплывины, потоки	Неустойчивые. Сравнительно-геологический анализ с применением гармонических функций, теории распознавания образов и расчетных методов (прислоненного откоса)	Регулирование поверхностного стока; дренаж вод I, II горизонтов только на участках их выхода на поверхность склона; защита от речной эрозии; посадка и охрана растительности; частичная планировка склонов. Для оползней течения – создание берм; защитные покрытия склонов от выветривания и обводнения пород
				Б	Суффозионно-неустойчивые пески харьковской свиты имеют горизонтальное залегание								Оползни выплывания. Повторные сплывы, оплывины, потоки	Неустойчивые. Методы определения критических градиентов потока подземных вод; скоростей движения оползней; сравнительно-геологический анализ	
Второй (территория Киева)	Верхнечетвертичные лессы, нижне-, верхненеогеновые пестрые глины, нижненеогеновые пески полтавской свиты, верхнепалеогеновые пески харьковской свиты, среднеогеновые мергельные глины киевской свиты, пески бучакской свиты	Относительно поднятые (для региона) структурно-тектонические блоки с отметкой плато 140–170 м	II горизонт вод в песках харьковской свиты, верховодка в лессах	А	Мергельные глины киевской свиты с горизонтальным залеганием	Ступенчато-вогнутые (вогнутость внизу)	Нижне-, среднечетвертичные	50–80, уступы – 15 м	10–40, уступы – 80°	Водообильные ливни и затяжные дожди с эффектом запаздывания до двух лет	Не подмываемые, опираются на пойму или I, II надпойменные террасы		Обвалы и просадочные оползни на участках выхода вод верховодки. Оползни-блоки: срезающие и пластические оползни; повторные сплывы, оплывины, потоки	Локально-неустойчивые. Сравнительно-геологический анализ совместно с гармоническими функциями	Регулирование поверхностного стока; каптаж и отвод воды верховодки и II горизонта; защита растительности; защитные покрытия пород склонов от выветривания и замачивания; при необходимости создание подпорных стен и берм
				Б	То же, и суффозионно-неустойчивые пески харьковской свиты	Ступенчато-выпуклые	Четвертичные	40–80 м	16–45°		Интенсивно подмываемые рекой		Оползни-блоки: срезающие, пластические; выплывания; повторные – течения	Неустойчивые. Методы обратных расчетов, определения критических градиентов	То же, и защита склонов от речной эрозии

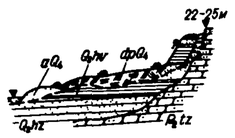
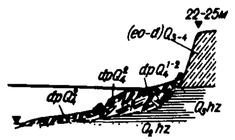
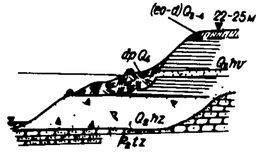
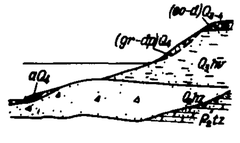
Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов: профиль склона	возраст	высота	крутизна	климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Первый (Полтава)	Средне-, верхнечетвертичные лессы (Vd_{II-III}), нижнечетвертичные красно-бурые глины (prQ_1), нижне-, верхненеогеновые пестрые глины ($N_{1-2}ps$), нижненеогеновые пески полтавской свиты (N_1pl), верхнепалеогеновые пески и глины берекской свиты, пески харьковской свиты (P_3br, P_3hr)	Относительно поднятые в современном рельефе структурные блоки Полтавской равнины с отметкой лессового плато 140 м	Грунтовые воды в покровных образованиях, подземные воды в песках берекской и харьковской свит	А	Мягко-, текучепластичные глины берекской свиты в кровле толщи с горизонтальным залеганием	Ступенчатые	Современные и верхнечетвертичные	До 70 м	10–30°	Климатические агенты не оказывают существенного влияния на формирование оползней выдавливания	Подмываемые рекой		Оползни выдавливания блоков пород	Относительно устойчивые. Методы оценок устойчивости: сравнительно-геологический анализ совместно с обратными расчетами, многофакторных регрессионных моделей, теории распознавания образов	Хозяйственному освоению предшествуют: регулирование поверхностного стока; защита от эрозии; каптаж источников; частичная планировка склонов; защита растительности
				Б	Мягко-, текучепластичные глины нижнего, верхнего неогена с горизонтальным залеганием	Ступенчато-вогнутые	Современные	До 70 м	15–35°	Атмосферные осадки проявляются в колебании уровней и водообильности грунтовых вод и активизации оползней	Не подмываемые, реже, подмываемые рекой		Оползни выдавливания и течения	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же и гармонический анализ	То же и дополнительно: локальный дренаж вод и создания контбанкетов, защитные покрытия пород склонов от выветривания и обводнения, локальное повышение прочности пород на сдвиг
				В	Мягко-, текучепластичные красно-бурые глины	Прямой- вогнут.		до 70 м	15–45°	То же	Не подмываемые рекой		Оползни течения	Локально неустойчивые. То же	То же
Первый (Ульяновск)	Нижнемеловые песчано-глинистые грунты готеривского (K_1h), баррем-ского (K_1b), аптского (K_1ap) и альбского (K_1al) ярусов, рассеченные тектоническими трещинами	Максимально поднятые для региона структурно-тектонические блоки с отметкой плато 215 м	Пять горизонтов подземных вод и один горизонт грунтовых вод	–	Трещины бортового отпора с падением в сторону склона под углом 18–70°, трещины слоистости с горизонтальным залеганием	Ступенчатые	Верхненеогеновые-средне-четвертичные, современные	180–185 м; оползневые уступы – 25–55 м	4–45°; средняя –18–22°; стенки отрыва – 45°	Ветры С–В направления вызывают штормы. Атмосферные осадки аккумулируются в межоползневых западинах 5 оползневых террас	Интенсивно подмываемые рекой; скорость отступания бровки плато –0,5 м/год. После создания водохранилища – интенсивно размываются волнами с длиной разгона до 75 м		Скольжения и пластические в виде блоков и пакетов пород; повторные–сплывы, оплывины, потоки	Неустойчивые. Методы обратных расчетов, прислоненного откоса. Сравнительно-геологический анализ совместно с дискриминантными и гармоническими функциями	Защита склонов от размыва; каптаж источников; регулирование поверхностного стока и защитные покрытия пород склонов от выветривания и обводнения, локальный дренаж на участках повышенного потока подземных вод; защита растительности и локальная планировка склонов

Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов				климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
						профиль склона	возраст	высота	крутизна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Второй (Ульяновск)	Верхненеогеновые пески домашкинской свиты (N_2dm), готеривские глины (K_1h), песчанистые глины баррема (K_1b), слоистые глины и глины с прослоями песков апта (K_1ap), переслаивание глин и песков альба (K_1al)	Относительно поднятые для региона структурные блоки с отметкой плато 120 м	Шесть горизонтов подземных вод		Суффозионно-неустойчивые пески неогена, трещины слоистости с горизонтальным залеганием и тектонические трещины с падением в сторону склона под углом 18–70°	Ступенчато-волнистые	Верхненеогеновые, средне-, верхнечетвертичные	80–90 м	Средняя 10–12°	Катастрофические оползни течения (1915г.) и выплывания (1962, 1965 гг.) приурочены к периодам снеготаяния, затяжных водообильных дождей	Интенсивно подмываемый склон в N_2 – Q_4. В голоцене и в настоящее время–неподмываемые, опираются на пойму. После создания водохранилища–резкое проявление процессов абразии
Третий (Ульяновск)	Глины баррем-ского яруса с прослоями песков (K_1b); сланцевые глины апта (K_1ap)	Наименее поднятые для региона блоки с отметкой плато 100 м	Склоном дренируются воды аптских и барремских отложений		Зоны выветривания и поверхности смещения древних оползней	Волнистые	То же	60–65 м	Средняя 7–9°	Водообильные дожди могут вызвать активизацию оползней течения	Неподмываемые. Абразия проявляется слабо
Первый (Волгоград)	Верхнечетвертичные и современные покровные суглинки и супеси [$eo-d^{н}$ (Q_{3-4})]; глины хвалынского (Q_3hv) и пески хазарского (Q_2hz) яруса; глины майкопской свиты ($P_3-N_1^1mk$)	Относительно поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки приспоненной террасы 22–25 м	Горизонт воды в песках хвалынского яруса		Мягкопластичные глины хвалынского яруса с падением в сторону реки под углом 6–12°; трещины бортового отпора с углом падения 80°	Ступенчато-выпуклые, бугристые; вложены в эоценовую долину реки	Современные	Средняя 22 м, стенки отрыва–15 м	Средняя 18°; стенки отрыва–70°	В периоды водообильных дождей резкое усиление эрозии и активизации оползней	Подмываемые рекой. Скорость отступания бровки склона 0,1–0,6 м/год
Второй (Волгоград)	Верхнечетвертичные и современные покровные суглинки; глинистые пески хвалынского яруса; глины майкопской свиты	Поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки приспоненной террасы 32–35 м	Подземных вод нет		То же, но глины с падением в сторону склона под углом 17°	Ступенчато-волнистые с западинами, бугристые	То же	Средняя 22 м	40–50°	Образование и активизация оползней возможна только в периоды водообильных дождей и в паводки	Подмываемые рекой. Скорость отступания бровки склона 0,6–0,9 м/год

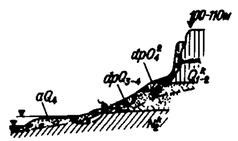
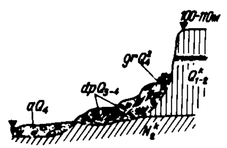
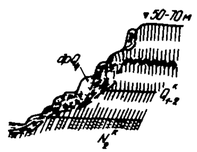
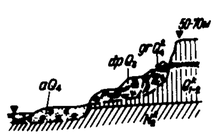
Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Выплывания в грунтах домашкинской свиты, скольжения блоков и пакетов; повторные-сплывы, оплывины, потоки	Неустойчивые после создания водохранилища. Методы оценок устойчивости те же	Защита от абразии; регулирование поверхностного стока и защитные покрытия пород склонов от выветривания и обводнения; каптаж источников и локальный поверхностный дренаж вод на участках повышенной влажности оползневых накоплений; защита растительности
	В современную эпоху склоны делювиального сноса	Относительно устойчивые. При локальных значительных утечках воды возможны оползни течения	Регулирование поверхностного стока и каптаж источников с отводом воды за пределы склона; защита растительности
	Скольжение блоков и пакетов пород, выдавливания, вязко-пластического течения; повторные течения. Базис смещения–бечевник реки	Потенциально неустойчивые с периодической активизацией смещений в паводки, после водообильных дождей, при быстрой сработке водохранилища. Методы оценок устойчивости те же	Защита склонов от эрозии, частичная планировка склонов; регулирование поверхностного стока; защитные покрытия пород склона от выветривания и обводнения; создание контрбанкетов на бечевнике; защита растительности
	Выдавливания, суффозионные, течения. Базис смещения–бечевник	Локально неустойчивые в периоды паводков, водообильных дождей. Методы оценок устойчивости те же	То же

Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип: литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия	Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип: соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов: профиль склона	возраст	высота	крутизна	климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии	Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Третий (Волгоград)	Хвалынские глины, суглинки, мелкие и пылеватые пески, царыцинские песчаники, алевролиты, аргиллиты с прослоями гальки, валунов в подошве пород хвалынского яруса	Поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки приспоненной террасы 32–35 м	Горизонт воды в кровле царыцинского яруса с уклоном более 0,3	–	Кровля пород царыцинского яруса с падением в сторону склона под углом 17°, трещины бортового отпора с углом 75°	Ступенчатые, бугристые с вогнутостью вниз	Современные и верхнечетвертичные	Средняя 32 м	Средний 20–25°	Образование и активизация оползней возможна только в периоды водообильных дождей и в паводки	Подмываемые рекой. Скорость отступания бровки склонов 0,1–0,6 м/год		Суффозионные и течения. Базис смещения – бечевник	Локально неустойчивые в периоды паводков, быстрой сработки водохранилища, водообильных дождей. Методы оценок устойчивости те же	Защита склонов от эрозии; частичная планировка склонов; регулирование поверхностного стока; защитные покрытия пород склонов от выветривания и обводнения; защита растительности
Четвертый (Волгоград)	Смещенные отложения хвалынского яруса по кровле песков хазарского яруса с захватом песчаников царыцинского яруса	Поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки приспоненной террасы 32–35 м	Подземные воды в грунтах хазарского и царыцинского ярусов; грунтовые воды в оползневых накоплениях	–	Кровля пород хазарского яруса с падением в сторону склона под углом 12°	Прямолинейные со смещенной каспийской террасой	Современные	Средняя 36 м	Средний 5°	Влияние климатических особенностей не установлено	Подмываемые рекой		Оползень скольжения произошел в 1941 г. Смещение к урезу реки	Относительно устойчивые	Защита склонов от эрозии; регулирование поверхностного стока; защита и посадка растительности
Пятый (Волгоград)	Верхнечетвертичные и современные покровные суглинки; хвалынские глины и разнозернистые пески; царыцинские песчаники	Поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки приспоненной террасы 32–35 м	Подземные воды в песках царыцинского яруса	–	Суффозионно неустойчивые пески царыцинского яруса, прослои глин и кровля песчаников с падением в сторону склона под углом 8°	Прямолинейные, иногда бугристые	Современные и верхнечетвертичные	Средняя–24 м	Средний – 18°	Возможна активизация небольших по объему оползней течения в периоды паводков и водообильных дождей	Подмываемые рекой		Сплывы, оплывины, потоки	В состоянии предельного равновесия. Методы оценок устойчивости склонов те же	Защита склонов от эрозии; локальный контрбанкет на бечевнике; регулирование поверхностного стока
Шестой (Волгоград)	Верхнечетвертичные покровные суглинки; хвалынские глины; разнозернистые хазарские пески; царыцинские песчаники	Относительно поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки приспоненной террасы 22–25 м	Грунтовые воды в суглинках, подземные в хвалынских и хазарских песках	–	Мягкопластичные слои хвалынского яруса с падением в сторону склона под углом 12°; суффозионно неустойчивые пески	То же	То же	Средняя–23 м	Средний –20°, иногда 30°	То же	Слабо подмываемые рекой		Скольжение блоков и пакетов пород, сплывы, оплывины, потоки. Базис смещения – бечевник	Локально неустойчивые; оползни на участках дренирования грунтовых и подземных вод; активизация – в периоды паводков, водообильных дождей	Локальный дренаж горизонтальными скважинами; каптирование источников и отвод вод за пределы склонов; регулирование поверхностного стока; защитные покрытия пород склонов от выветривания и замачивания водами; локальный контрбанкет на бечевнике

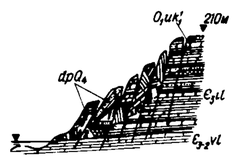
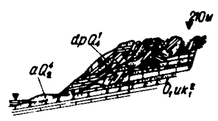
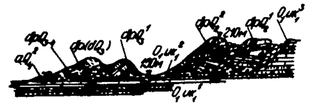
Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов: профиль склона	возраст	высота	крутизна	климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Седьмой (Волгоград)	Верхнечетвертичные и современные покровные суглинки; переслаивание песков и глин хвалынского яруса; разнозернистые пески хазарского яруса. Четвертичные отложения вложены в песчаники царыцинского яруса	Относительно поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки приспоненной террасы 22–25 м	Грунтовые воды в покровных отложениях; подземные воды в хвалынских песках		Суффозионно неустойчивые хвалынские пески с падением в сторону склона под углом 13°, глины хвалынского яруса с падением под углом 8–13°	Ступенчатые, бугристые	Современные	Средняя 23 м	Средний 18°, оползневые террасы до 13°	Возможна активизация в периоды паводков, водообильных дождей	Интенсивно подмываемые в паводковые периоды. Скорость отступания бровки склона до 1,3 м/год
Восьмой (Волгоград)	Верхнечетвертичные и современные суглинки и супеси; хвалынские глины и пески хазарского яруса, залегающие ниже уреза реки	То же	Грунтовые воды в супесях и суглинках; подземные воды в хвалынских песках		Текучепластичные глины и кровля пород хвалынского яруса с падением в сторону склона под углом 13°	То же	Современные, верхнечетвертичные	Средняя 25 м; уступы до 16 м	Средний 18°, уступы 60°	То же	Интенсивно подмываемые. Скорость отступания бровки склона до 1,3 м/год
Девятый (Волгоград)	Верхнечетвертичные и современные покровные суглинки; хвалынские глины; хазарские разнозернистые пески; царыцинские песчаники, залегающие ниже уреза реки	Относительно поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки приспоненной террасы 22–25 м	Подземные воды в хвалынских и хазарских отложениях. Грунтовые воды в оползневых образованиях		Кровля песков хвалынского и хазарского ярусов; мягкотекучепластичные хвалынские глины с углом падения в сторону реки 10–13°	Ступенчато-выпуклые, бугристые	Современные и верхнечетвертичные	Средняя 22 м	Средний 25°	В паводки и в периоды водообильных дождей возможна активизация оползней	Интенсивно подмываемые рекой. Скорость отступания бровки склона до 1,6 м/год
Десятый (Волгоград)	Верхнечетвертичные и современные покровные суглинки; пески хвалынского яруса, песчаники царыцинского яруса	Поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки приспоненной террасы 32–35 м	Грунтовых и подземных вод не обнаружено		Поверхности ослабления в массиве пород отсутствуют	Прямолинейно-вогнутые	То же	Средняя 33 м	Средний 30°, местами до 45°	Влияние климатических особенностей региона на формирование оползней не существенно	Не подмываемые рекой

Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Скольжение блоков и пакетов пород, суффозионные, сплывы, оплывины, потоки к бечевнику	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	Защита склонов от эрозии; каптаж источников с отводом воды за пределы склона; локальный дренаж вод на участках их дренирования; регулирование поверхностного стока; защитные покрытия пород склонов от выветривания и замачивания водами; локальный контрбанкет на бечевнике
	Скольжение блоков и пакетов пород; сплывы; оплывины, потоки	То же	Защита склонов от эрозии; каптаж источников; регулирование поверхностного стока; защитные покрытия пород склонов от выветривания и замачивания водой; локальная планировка склонов
	Суффозионные; повторные сплывы, оплывины, потоки. Базис смещения – кровля песков хазарского яруса	Неустойчивые. Методы оценки устойчивости – расчет критических градиентов потока подземных вод; сравнительно-геологический анализ совместно с гармоническими функциями	Защита склонов от эрозии; каптаж источников; регулирование поверхностного стока; локальный дренаж вод; защитные покрытия пород склонов от выветривания и обводнения; защита растительности
	Мелкие оплывины и потоки в периоды интенсивных ливневых дождей	Относительно устойчивые	Регулирование поверхностного стока; локальные подпорные стенки и бермы

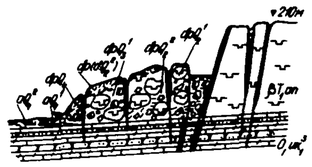
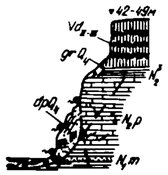
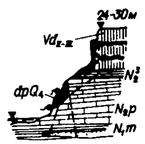
Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов				климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
						профиль склона	возраст	высота	крутизна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Первый (Барнаул)	Нижне-, среднечетвертичные лессы красно-дубровской свиты ($Q^{к}_{1-2}$) с прослоями погребенных почв; разнозернистые пески; плиоценовые суглинки, глины ($N^{к}_{2}$)	Максимально поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки 100–110 м	Два горизонта вод в песках и оползневых накоплениях с уклоном 0,1–0,2		Суффозионно неустойчивые пески краснодубровской свиты	Ступенчато-вогнутые, бугристые	Верхнечетвертичные, современные	100–110 м, стенки отрыва 50 м	Средний 20–23°, стенки 65–80°	Паводковый период равен 120–150 дней. Весенняя активизация оползней связана с таянием скоплений снега в понижениях рельефа	Не подмываемые рекой. Опираются на обширную пойму, редко затапливаемую в периоды паводков
Второй (Барнаул)	Нижне-, среднечетвертичные лессы, плиоценовые плотные суглинки	То же	Маломощный горизонт воды в супесях		Трещины бортового отпора; слабые глинистые прослои с падением в сторону склона под углом 4–6°	Ступенчато-вогнутые	То же	100–110 м	Средний 15–18°	Пойма затапливается во время паводков, не вызывая активизации оползней	Неподмываемые. Опираются на пойму
Третий (Барнаул)	Нижне-, среднечетвертичные лессовые суглинки краснодубровской свиты с прослоями песков и погребенной почвы; плиоценовые суглинки и глины	Относительно поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки склона 50–70 м	Маломощный горизонт воды в песках (встречен спорадически)	А	Трещины бортового отпора крутизной 30°, слабые неустойчивые глинистые прослои с падением в сторону реки под углом 9°	Ступенчато-выпуклые, бугристые	Верхнечетвертичные, современные	50–70 м, стенки отрыва 15–25 м	40–52°, стенки отрыва 70–80°	То же	Интенсивно подмываются рекой
				Б		Ступенчато-вогнутые	То же	50–70 м	16°, в пределах ложбин 27°		Не подмываются рекой. Опираются на пойму

Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Суффозионные и просадочные; повторные течения. Базис смещения современных оползней-высокая пойма и днища ложбин	Неустойчивые в периоды паводков и весеннего таяния снега, в местах выхода на поверхность грунтовых вод. Методы оценок устойчивости; расчеты критического градиента потока вод	Каптаж источников и дренирование грунтовых вод (горизонтальные скважины-дрены); регулирование поверхностного стока; устройство фильтрующего контрбанкета; частичная планировка склонов с генеральным углом откоса не более 18°
	Древние и старые оползни скольжения; в уступах лессов–обвалы, осыпи	Относительно устойчивые; возможная активизация подвижек при подрезках склонов, интенсивном замачивании пород и других видах деятельности человека	Регулирование поверхностного стока; охрана растительности; ограничение распашки склонов; запрещение подрезок и обводнения; периодическая чистка склонов от обвальных образований
	Скольжения; повторные течения. Оползни выдвигаются в русло реки на 30–60 м. С уступов лессов обвалы и осыпи	Неустойчивые. Методы оценки устойчивости: обратных расчетов, прислоненного откоса, многофакторный регрессионный анализ, алгоритмы распознавания образов	Защита склонов от речной и овражной эрозии; регулирование поверхностного стока; частичная планировка склонов; защитные покрытия склонов от выветривания и обводнения; запрещение свалок, пригрузок склонов, их подрезок
	Древние и старые оползни скольжения; в уступах лессов обвалы и осыпи	Относительно устойчивые. Активизация оползней возможна при хозяйственной и инженерной деятельности человека	Регулирование поверхностного стока; защитные покрытия пород склона от выветривания и обводнения

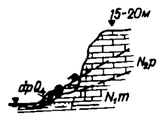
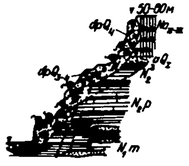
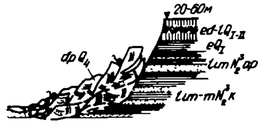
Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов				климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
						профиль склона	возраст	высота	крутизна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Первый (Богучанский гидроузел)	Неравномерное переслаивание аргиллитов, алевролитов, песчаников нижнеустькутской свиты ($O_1uk_1^2$), известняки, алевролиты, доломиты, переслаивание алевролитов, песчаников верхнего кембрия илгинской свиты ($\epsilon_3 il$); алевролиты с тонкими прослойками аргиллитов среднего-верхнего кембрия верхоленской свиты ($\epsilon_{2-3}\,vl$)	Максимально поднятый для региона структурный блок с отметкой плато 210 м	Трещинные воды в породах ордовика и кембрия. Удельное водопоглощение пород в основании склонов 50–150 л/мин	–	Крупные трещины бортового отпора с крутизной 7–70°, тектонические, параллельные слоистые с падением в сторону склона под углом 6–15°	Ступенчатые и выпуклые	То же	55–60 м	Средний 50°	Пойма затапливается во время паводков, не вызывая активизации оползней	Интенсивно подмываемые рекой
Второй (Богучанский гидроузел)	Песчаники с тонкими прослоями алевролита и известняка нижнего ордовика нижнеустькутской свиты ($O_1uk_1^2$)	То же, но с перекосом в сторону реки с углом 2–4°	Слабообильные трещинные воды		Трещины бортового отпора и разгрузки шириной до 10 м; трещины слоистости с падением 10–12° (по склону)	Выпукло-вогнутые	Четвертичные	65–70 м, уступы до 40 м	Средний 20°, уступы 40°	Активизация оползней в нижних частях склонов отмечается в периоды паводков	Не подмываемые, опираются на узкую пойму
Третий (Богучанский гидроузел)	Песчаники и известняки с прослоями алевролита нижнего ордовика нижнеустькутской свиты ($O_1uk_1^2$) ($O_1uk_1^2$); неравномерное переслаивание аргиллитов, алевролитов, песчаников ($O_1uk_1^1$)	То же	То же		Крупные трещины–рвы шириной до 40 м; литологические трещины слоистости с падением в сторону склона под углом 10°	Выпуклые с западинами	Четвертичные	65–70 м	Средний 9°, уступы 20°	То же	Не подмываемые рекой. Опираются на узкую пойму

Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Скольжения блоков и пакетов пород	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости: обратных расчетов, прислоненного откоса; сравнительно-геологический анализ	Защита склонов от эрозии; заделка трещин бортового отпора цементом марки 50 или глиной; крепление блоков пород напряженными анкерами; регулирование поверхностного стока; защитные покрытия пород склонов от выветривания и обводнения
	То же	Потенциально неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	То же, создание контрбанкета на пойме
	Скольжение блоков и пакетов пород. Осовы в древних делювиальных образованиях. Повторные–потоки	Потенциально неустойчивые до древней эрозионной ложбины (отметка 150 м); далее локально неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	Частичная планировка склонов с удалением рыхлых глинистых грунтов в основании склонов на пойму; заделка трещин–рвов глиной; защитные покрытия грунтов склонов от выветривания и обводнения; частичное крепление блоков и пакетов пород напряженными анкерами; регулирование поверхностного стока; создание контрбанкетов в основании склонов

Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов				климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
						профиль склона	возраст	высота	крутизна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Четвертый (Богуцанский гидроузел)	Интрузии нижнего триаса: габбро-долериты, долериты ($\beta T_1 a$), нижнеордовикские отложения нижнеустькутской свиты, залегающие ниже уреза реки	То же, но с перекосом в сторону реки с углом 2–4°	Слабоводообильные трещинные воды	–	Рассланцованные песчаники, алевролиты, аргиллиты с падением в сторону реки под углом 11°; тектонические трещины, параллельные потоку интрузии; трещины-рвы	Ступенчато-выпуклые с западинами	То же	65–70 м, уступы до 30 м	Средний 16°, уступы 75–80°	Активизация оползней в нижних частях склонов отмечается в периоды паводков	Неподмываемые. Опираются на пойму и первую надпойменную террасу
Первый (Черноморское побережье Одессы)	Верхне-, среднечетвертичные лессы (Vd_{x-m}), верхненеогеновые глины (N_2^3), известняки понтического яруса, глины мэотиса с падением в сторону моря под углом 2–6°	Максимально поднятые для региона структурные блоки с отметкой плато 42–49 м	Два горизонта вод в известняках и песках мэотиса	А	Трещины бортового отпора и разгрузки с падением под углом 25–70°, кровля мэотических глин	Ступенчато-выпуклые		До 48 м, уступы до 25 м, клиф – 12 м	40–60°, уступы 65–90°	С эффектом запаздывания до двух лет установлено влияние водообильных дождей на интенсивность оползней	Высокая интенсивность абразии. Отмыв грунтов клифа – 1,86 м³/м, скорость отступания – 0,82 м/год
				Б	Зоны выщелачивания и набухания в глинах верхнего неогена; трещины бортового отпора и тектонические серии трещин с углами падения 15–70°	Ступенчато-вогнутые	Средне-, верхнечетвертичные и современные	35–47 м, уступы в плато – 30 м, клиф – 15 м	Средний 40°, уступы 60–90°	Продолжительные водообильные дожди вызывают оползни течения	Высокая интенсивность абразии. Отмыв грунта клифа – 2–4 м³/м, скорость отступания бровки, 1,14 м/год
Второй (Черноморское побережье Одессы)	Средне-, верхнечетвертичные лессы, верхненеогеновые глины с включениями гипсов, понтические известняки, вскрытые на уровне уреза воды	Относительно поднятые для региона структурные блоки с отметкой 24–30 м	Горизонт подземных вод в известняках	–	Зоны выщелачивания в глинах, тектонические трещины в известняках с падением в сторону моря под углом 25–70°	Ступенчато-выпуклые	Средне-, верхнечетвертичные	24–30 м, уступы до 20 м	40–60°, уступы – 60–90°	Единовременные осадки объемом до 1/3 годовой суммы вызывают активизацию оползней	Минимальная для побережья интенсивность абразии. Отмыв – 1,5 м³/м, скорость отступания 0,03 м/год

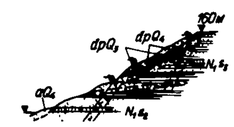
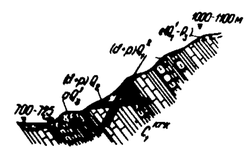
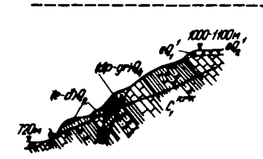
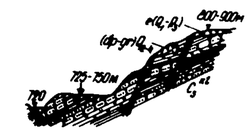
Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Скольжения блоков и пакетов пород; повторные – потоки, оплывины, сплывы	Потенциально неустойчивые. Методы оценки устойчивости: обратных расчетов, прислоненного откоса, сравнительно-геологический анализ с регрессионным анализом и алгоритмами теории распознавания образов	Частичная планировка склонов с удалением рыхлых глинистых грунтов в основании склонов на пойму; заделка трещин–рвов глиной; защитные покрытия грунтов склонов от выветривания и обводнения; частичное крепление блоков и пакетов пород напряженными анкерами; регулирование поверхностного стока; создание контрбанкетов в основании склонов
	Выдавливания, повторные – течения. В уступе лессов–обвалы, осыпи	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости–обратных расчетов, алгоритмы теории распознавания образов, гармонические функции совместно с сравнительно-геологическим анализом	Защита склонов от абразии; дренаж вод II горизонта; каптаж вод источников; регулирование поверхностного стока; частичная планировка склонов; защита растительности
	Скольжения, выдавливания, повторные – течения; обвалы и осыпи в уступах лессов	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	Регулирование поверхностного стока; защита склона от абразии; каптаж вод источников; локальный дренаж вод II горизонта; частичная планировка склона; защита растительности
	Блоки и пакеты пород: среза и соскальзывания	Локально неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	Каптаж вод источников; дренаж вод II горизонта; регулирование поверхностного стока; частичная планировка склонов; охрана растительного покрова

Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов: профиль склона	возраст	высота	крутизна	климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Третий (Черноморское побережье Одессы)	Известняки понтического яруса, разбитые тектоническими трещинами; глины мэотиса	Относительно опущенные для региона структурные блоки с отметкой плато 15–20 м	Горизонт подземных вод в известняках	–	Трещины бортового отпора с углами падения в сторону моря 15–70°; кровля мэотиса и зоны трещиноватости в глинах	Ступенчато-вогнутые	Верхнечетвертичные и современные	15–20 м	40–60° в нижней части – 10–16°	Существенного влияния на формирование оползней не оказывают	Высокая интенсивность абразии. Отмыв – 2–4 м³/м, скорость отступания 0,93 м/год
Четвертый (Черноморское побережье Одессы)	Верхненеогеновые известняки понтического яруса, разбитые крупными трещинами бортового отпора	Относительно опущенные для региона структурные блоки с отметкой плато 15–20 м	Горизонт вод в известняках	–	То же	Ступенчатые	Четвертичные	15–20 м	40–60°	То же	Минимальная интенсивность абразии. Отмыв грунтов клифа – 1,5 м³/м. Скорость отступания 0,03 м/год
Пятый (Черноморское побережье Одессы)	Верхне-, среднечетвертичные лессы (Vd_{I-II})/нижнечетвертичные аллювиальные пески (aQ_I); верхненеогеновые глины (N_2^3) и известняки понтического яруса (N_2p), нижненеогеновые глины с линзами песков мэотического яруса (N_1m)	Максимально поднятые для региона структурные блоки с отметкой плато 50–60 м	2 подгоризонта вод в лессах; 2 горизонта вод в известняках и линзах песков	–	Лигнитизированные прослои лесов, кровля глин понтического яруса–горизонтальные и со слабым наклоном в сторону склона. Тектонические трещины в известняках	Ступенчато-выпуклые	Средне-, верхнечетвертичные	До 55 м, уступы до 30 м, обрыв клифа – 15 м	6–45°, уступы 55–80°	Ветры северных румбов со скоростью до 34 м/с вызывают вдольбереговой перенос наносов. Активизация оползней связана с дождями	Максимальная для побережья интенсивность абразии. Отмыв грунтов клифа – 7–9 м³/м, скорость отступания бровки плато 0,95 м/год
Первый (северное Приазовье в пределах Бердянского и Белосарайского заливов)	Средне-, верхнечетвертичные суглинки (Vd_{II-III}), нижнечетвертичные суглинки и глины (eQ_I) переслаивание верхнеплиоценовых апшеронских песков и глин ($lim\ N_2^3ap$); переслаивание песков и глин куяльницкой толщи ($lim\text{-}mN_2^3k$)	Зона сочленения Черноморской впадины и Северо-Кавказской части Русской платформы	Два горизонта подземных вод	А	Мягкопластичные глины апшерона с горизонтальным залеганием	Ступенчато-вогнутые	Верхнечетвертичные и современные	25–60 м	10–30°	Водообильные дожди и весеннее таяние снега вызывают активизацию оползней	Интенсивные процессы абразии. Средняя скорость отмыва пород клифа 7 м³/м

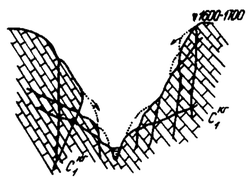
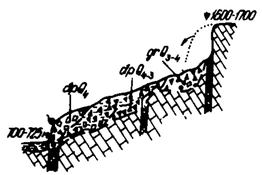
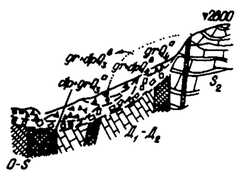
Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Скольжения и выдавливания	Потенциально неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	Каптаж вод источников и их отвод за пределы склонов; регулирование поверхностного стока
	Скольжения	Потенциально неустойчивые. Методы оценок те же	Частичный дренаж вод в известняках; локальная планировка склонов; регулирование поверхностного стока
	Блоки и пакеты пород: срезающие и пластические; выплывания и просадочные; повторные–течения	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости – обратных расчетов, прислоненного откоса, сравнительно-геологический анализ совместно с регрессионным анализом, гармоническими функциями и алгоритмами теории распознавания образов	Защита склонов от абразии; дренаж вод I и II горизонтов; каптаж источников III горизонта вод; планировка склонов; регулирование поверхностного стока; защита растительности
	Оползни выдавливания блоков пород; повторные – течения	Неустойчивые. Методы оценки устойчивости: сравнительно-геологический анализ совместно с обратными расчетами, регрессионным анализом	Защита склонов от абразии; регулирование поверхностного стока; локальный дренаж вод и каптаж вод источников; защитные покрытия пород склонов; частичная планировка

Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип: литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия	Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип: соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов: профиль склона	возраст	высота	крутизна	климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Первый (северное Приазовье в пределах Бердянского и Белосарайского заливов)	Средне-, верхнечетвертичные суглинки (Vd_{II-III}), нижнечетвертичные суглинки и глины ($\varnothing Q_I$) переслаивание верхнеплиоценовых апшеронских песков и глин ($Lim N_3^2 ap$); переслаивание песков и глин куяльницкой толщи ($Lim - m N_3^2 k$)	Зона сочленения Черноморской впадины и Северо-Кавказской части Русской платформы	Два горизонта подземных вод	Б	То же, и глины куяльницкой толщи	Вогнутые в плане	Современные	30–60 м	10–30°	Водообильные дожди и весеннее таяние снега вызывают активизацию оползней	Не подмываемые. Опираются на морскую голоценовую террасу
Первый (территория г. Кагарлыка Молдавской ССР)	Верхненеогеновые-четвертичные суглинки [$ed(N_2-Q)$]; нижненеогеновые среднесарматские пески; алевритистые глины ($N_2 s_2$), сильно трещиноватые	Икель-Быкский структурный блок, поднятый для региона с отметкой плато 160 м. Участок 7-балльных землетрясений	Два горизонта подземных вод в песках сармата	–	Слои падают в сторону склона под углом 10–20°, крупные тектонические трещины с углом падения 10–20° и 60°	Ступенчато-выпуклые	Верхнечетвертичные, современные	До 160 м, стенки отрыва оползней – 8 м	10°–42% всех склонов, 2–6°–36%, 20–22%; стенки отрыва – 35°	При сумме единовременных осадков, равной или превышающей месячную норму, образуются катастрофические оползни	Склоны, подмываемые рекой
Второй (территория пос. Кислорены Молдавской ССР)	Верхненеогеновые-четвертичные суглинки, нижненеогеновые мэотические пески ($N_1 m$); сложнопереслаивающаяся толща верхнесарматских грунтов ($N_1 s_3$)	Максимально поднятые для региона структурные блоки с отметкой плато 360 м. Участок 8-балльных землетрясений	Пять горизонтов подземных вод	–	То же	То же	То же	До 290 м, стенки отрыва – до 20 м	40° вверху, 15–25° – средняя часть, 7°–внизу	То же, наветренные склоны западной экспозиции получают на 25% осадков больше, чем восточных	То же
Третий (левый берег р. Быкоец Молдавской ССР)	Верхненеогеновые-четвертичные суглинки; верхнесарматские разнозернистые пески и суглинки; среднесарматские пески и глины, интенсивно трещиноватые	Поднятые для региона структурные блоки с отметкой плато 160 м. Участок 8-балльных землетрясений	Горизонт грунтовых и два горизонта подземных вод	–	Крупные тектонические трещины с зонами рассланцевания падают в сторону реки под углом 20–25°. Суффозионно неустойчивые пески	Ступенчатые	Верхнечетвертичные	до 75 м; высота стенок отрыва – 12 м	Средняя 16°, пологих – 6°, крутых – 28°	То же, что и для первого типа (территория г. Кагарлыка)	Склоны не подмываются рекой, опираются на пойму

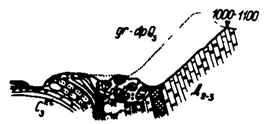
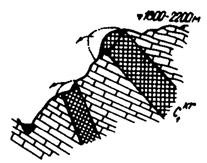
Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Оползни течения	Локально неустойчивые. Методы оценок устойчивости; сравнительно-геологический анализ совместно с гармоническими функциями	Регулирование поверхностного стока; каптаж вод источников; защита растительности
	Просадочные в лессах, выплывания в песках среднего сармата; блоки и пакеты пород по трещинам в глинах среднего сармата. Повторные–потоки	Неустойчивые. Методы оценки устойчивости – сравнительно-геологический анализ совместно с гармоническими и дискриминантными функциями	Регулирование поверхностного стока и каптаж источников; защита от эрозии; защитные покрытия пород склонов от выветривания и обводнения; частичная планировка склонов; защита растительности
	Выплывания, реже просадочные; смещения блоков и пакетов пород. Повторные–течения	Неустойчивые. Методы оценки устойчивости – определения критической влажности и градиентов потока вод; обратные расчеты; гармонический анализ и функции распознавания образов	Локальный дренаж на участках выхода вод на поверхность склона; регулирование поверхностного стока; каптаж источников; частичная планировка склонов; защита от эрозии; защитные покрытия пород склонов и осушение пород
	Выплывания и смещения блоков и пакетов пород, пластические, повторные–течения	Локально неустойчивые. Эпизодическая активизация оползней вызвана сильным обводнением пород. Методы оценок устойчивости те же	Регулирование поверхностного стока и каптаж источников с отводом воды за пределы склонов; защитные покрытия пород склонов от выветривания и обводнения; защита растительности; локальная планировка склонов

Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип: литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия	Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип: соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов: профиль склона	возраст	высота	крутизна	климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии	Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Четвертый (территория Кипшеева)	Интенсивно выветрелые песчано-глинистые отложения верхнего сармата, песчано-глинистые грунты среднего сармата	Поднятые для региона структурные блоки с отметкой плато 160 м. Участок 8-балльных землетрясений	Верховодка в эluвии, два горизонта подземных вод	–	Литогенетические трещины с падением в сторону склона под углом 4–8°; тектонические трещины с углами падения 20–70°	Ступенчатые	До 75 м; высота стенок отрыва – 12 м	60–65 м; стенки отрыва оползней – 12 м	Средняя 10°, пологих – 6°, крутых – 18°	Водообильные дожди размывают эluвий, вызывая оползни течения	Не подмываются рекой, опираются на пойму или на первую надпойменную террасу		Течения на участках дренирования вод склоном; скольжения блоков и пакетов пород; выплывания	Локально неустойчивые. Эпизодическая активизация оползней вызвана сильным обводнением пород. Методы оценок устойчивости те же	Регулирование поверхностного стока; каптаж источников; локальный дренаж вод; защитные покрытия пород склонов; защита растительности; локальная планировка склонов
Первый (долина р. Нарын)	Нижнекарбоновые песчаники, сланцы, туффогенные конгломераты, рассланцованные известняки каракольской свиты (C_1^{kr+k})	Наименее поднятые для региона структурные блоки с отметкой пенепена 1000–1100 м. Зона 7–9-балльных землетрясений и разрывов IУ порядка, субпараллельных склону	Грунтовые воды в обломочных образованиях	А	Трещины бортового отпора, крутизной 5–10°, 60–85°; глинистые грунты в зоне выветривания с падением 20°	Прямолинейно-вогнутые	Средне-, нижнечетвертичные	300–400 м	Средний 20°	При маловодном весеннем периоде и засушливом летнем источники исчезают в июне месяце, в обычных условиях – в августе; в дождливые летние – в декабре. Роль атмосферных осадков в образовании смещений незначительная	Неподмываемые. Опираются на первую, реже, вторую надпойменные террасы		Течения в периоды водообильных дождей, подрезок склонов. В обычных условиях склоны делювиально-осыпного сноса	Относительно устойчивые	При хозяйственном освоении–зарегулировать поверхностный сток, исключить подрезки склонов круче 16°, пригрузки склонов вверху выполнять после соответствующих расчетов
				Б		Выпукло-ступенчатые	Среднечетвертичные	280–380 м	Средний 35°		Редко подмываемые. Опираются на пойму		Малые по объему оползни–обвалы, сплывы, оплывины, потоки	Локально неустойчивые. Методы оценок устойчивости: сравнительно-геологический анализ с применением регрессионного анализа и распознавания образов	Регулирование поверхностного стока и защита склонов от овражной эрозии; частичная планировка склонов до генерального угла откоса 20°; защита склонов от выветривания и обводнения
Второй (долина р. Нарын)	Верхнекарбоновые красноцветные песчаники, гравелиты, конгломераты с прослоями эффузивов келематинской свиты (C_3^{kl})	Относительно опущенные для региона структурные блоки с отметкой 800–900 м. Зона 7–9-балльных землетрясений и влияния разрывов III–IУ порядков, параллельных склону	То же, и трещинные воды, дренируемые склоном	А	То же и тектонические трещины, параллельные слоистости с углом 5–30° (в сторону склона)	Ступенчато-выпуклые	Средне-, нижнечетвертичные	80–175 м	Средний 46°	Затяжные и ливневые дожди вызывают активизацию малых по объему обвалов и оползней	Неподмываемые. Опираются на первую, вторую надпойменные террасы, реже, на пойму		Оползни-обвалы и оползни скольжения блоков и пакетов пород; течения	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости: прислоненного откоса, сравнительно-геологический анализ совместно с математическими методами (регрессионный анализ, гармонические функции, функции теории распознавания образов)	Крепление блоков и пакетов пород напряженными анкерами: частичная планировка склонов; регулирование поверхностного стока; защитные покрытия
				Б	То же	Выпуклые	Четвертичные	80–175 м	Средний 46°	То же	Подмываются рекой с интенсивной глубинной эрозией				То же и защита склонов от речной эрозии

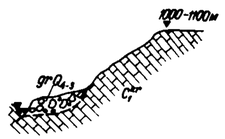
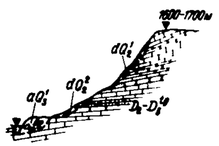
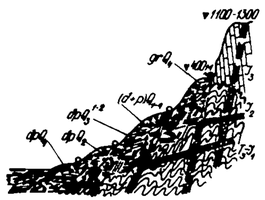
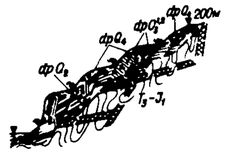
Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов				климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
						профиль склона	возраст	высота	крутизна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Третий (долина р. Нарын)	Нижнекарбоновые перекристаллизованные доломитизированные известняки керейской свиты (C_1^k)	Поднятые для региона структурные блоки с отметкой 1600–1700 м. В зоне разрывов III–IУ порядков субпараллельных склонуз участок 7–9-балльных землетрясений	Периодически исчезающие трещинные воды; грунтовые воды в оползневых накоплениях	А	Трещины-смесители разрывов и наложенные на них трещины бортового отпора	Выпуклые или прямолинейные	Четвертичные	900–980 м	Средний 65°	Климатические агенты на формирование склонов заметного влияния не оказывают	Подмываемые рекой
				Б		Ступенчато-вогнутые	Верхнечетвертичные и современные	900–980 м	Вверху 65–75°, внизу 18–22°	Водообильные дожди вызывают осовы в обломочных образованиях	Опираются на первую надпойменную террасу
Четвертый (долина р. Нарын)	Верхнесилурийские кристаллические сланцы (S_2) интенсивно трещиноватые, дислоцированные; нерасчлененные нижне-, среднедевонские известняки (D_1–D_2)	Максимально поднятые для региона блоки с отметкой 2200 м. Зона глубинных разломов I–II порядков. Участок 7–9-балльных землетрясений	То же	–	То же	Ступенчато-вогнутые	Верхнечетвертичные и современные	900–1100 м	Вверху 40–50°, внизу 10–30°	Климатические агенты на формирование оползней не оказывают существенного влияния	В современных условиях не подмываемые
Пятый (долина р. Нарын)	Нижнекарбоновые известняки керейской свиты (C_1^{kr}); средне-, верхнедевонские известняки и доломиты (D_{2-3}); верхнекарбоновые красноцветные аргиллиты, конгломераты келематинской свиты (C_3^{kl})					Прямолинейно-вогнутые	То же	1000–1250 м	Средний 40°, внизу 18°		Река размывает запрудные озерные отложения

Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Обрушения в сотни тысяч м³ в виде первоначальных оползней блоков пород с последующими обвалами	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости: сравнительно-геологический анализ с регрессионным анализом, теорией распознавания образов	Периодическая уборка свободно лежащих глыб на склоне; улавливающие защитные сетки; напряженные анкера; защита склонов от глубинной и боковой эрозии
	Обвалы в уступах объемами первые миллионы м³. Повторные осовы в периоды сильных землетрясений и ливневых или затяжных водообильных дождей	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	Регулирование поверхностного стока; искусственное закрепление обломочных накоплений на склоне; недопущение пригрузок склона; планировка склонов с доведением откоса до 18° вверху–крепление блоков пород напряженными анкерами; улавливающие сетки
	Обвально-оползневые блоки и пакеты пород нескольких возрастных генераций объемами многие миллионы м³	Вверху (стенка отрыва) – неустойчивые; в средней части (оползневые накопления) – устойчивые в природных условиях. Искусственные подрезки и обводнения способны вызвать активизацию оползней	Улавливающие защитные сетки; крепление полуотчлененных блоков пород напряженными анкерами; регулирование поверхностного стока; периодическая уборка со склонов нависающих камней и блоков пород; исключение строительных подрезок склонов

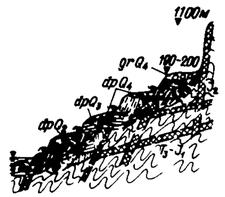
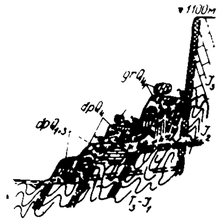
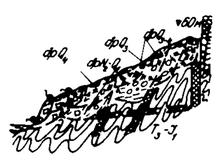
Тип склона и ретион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов				климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
						профиль склона	возраст	высота	крутизна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Шестой (долина р. Нарын)	Средне-, верхнедевонские известняки и доломиты (D_{2-3}); алевролиты и конгломераты верхнего карбона келематинской свиты (C_5^{kl})	Наименее поднятые для региона структурные блоки с отметкой бровки склона 1000–1100 м. В зоне разрыва III порядка и 9–10-балльных землетрясений	Трещинные воды в известняках и доломитах; грунтовые воды в обвально-оползневых накоплениях	–	Трещины-сместители разрывов и наложенные на них трещины бортового отпора	Прямолинейно-волнутые, бугристые	Верхнечетвертичные и современные	100–120 м	Стенки отрыва 40°, оползневых накоплений 4–10°	Климатические агенты на устойчивость склонов не оказывают существенного влияния	Не подмываемые на современном этапе. Русло смещено оползне-обвальными блоками и пакетами пород в сторону
Седьмой (долина р. Нарын)	Нижнекарбоновые перекристаллизованные известняки керейской свиты (C_1^{kr})	Максимально поднятые для региона блоки с отметкой 1800–2200 м. Зона влияния разрывов III–IУ порядков и 7–9-балльных землетрясений	Трещинные воды в известняках –			Выпуклые, ступенчато-выпуклые	Четвертичные	1600–1700 м	Средний 65–70°		Подмываемые рекой
Восьмой (долина р. Нарын)	Нижнекарбоновые перекристаллизованные известняки керейской свиты (C_1^{k})	То же, но в зоне разрывов III–IУ порядков, субперпендикулярных склону	То же –		То же	Выпуклые, ступенчато-выпуклые	Четвертичные	1600–1700 м	Средний 30–90°	В периоды водообильных дождей отмечены интенсивные камнепады	
Девятый (долина р. Нарын)		То же, но в зоне пересечения разрывов III–IУ или У–УI порядков	–			Ступенчато-выпуклые		1600–1700 м	Средний 30– 90°		Слабо подмываемые рекой с интенсивной боковой и глубинной эрозией рекой

Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Оползни–обвалы блоков пород в несколько миллионов м³	Потенциально неустойчивые вверху, устойчивые внизу; части склонов, перекрытые незакрепленными осыпными образованиями – неустойчивые	Улавливающие защитные сетки; крепление полуотчлененных блоков пород напряженными анкерами; переодическая уборка нависающих камней и глыб в верхней части склонов; регулирование поверхностного стока; искусственное повышение прочности на сдвиг пород осыпей
	Оползни–обвалы и обвалы объемами в несколько сот тысяч и первые миллионы м³	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости: сравнительно-геологический совместно с регрессионным анализом	
	Обвалы в несколько сотен м³ и до нескольких десятков тыс.м³	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости: сравнительно-геологический анализ совместно с гармоническим анализом	Улавливающие защитные сетки; уборка нависающих глыб пород; частичное крепление склона искусственной цементацией; регулирование поверхностного стока; защита от эрозии
	Обвалы и оползни-обвалы от первых тысяч до нескольких сот тыс. м³	То же, но дополнительно с регрессионным анализом	Улавливающие сетки; крепление блоков пород напряженными анкерами; частичная срезка нависающих блоков пород; защита от эрозии

Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов				климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
						профиль склона	возраст	высота	крутизна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Десятый (долина р. Нарын)	Нижнекарбоновые перекристаллизованные известняки керейской свиты ($c_1^к$)	Наименее поднятые для региона структурные блоки с отметкой 1000–1100 м. Вне зон влияния разрывов. Участок 7–8-балльных землетрясений	Слабоводообильные горизонты вод в мелких трещинах	–	Трещины выветривания и бортового отпора протяженностью в несколько метров	Прямолинейно-вогнутые	Четвертичные	250–300 м	Средний 45 и 26°	В периоды водообильных дождей отмечены интенсивные камнепады	Слабо подмываемые рекой
Одиннадцатый (долина р. Нарын)	Средне-, верхнедевонские известняки и доломиты с прослоями красно-бурых песчаников (тегерекская свита)	Поднятые в современном рельефе структурно-тектонические блоки с отметкой 1600–1700 м. Вне зон разрывов, зона 7–8-балльных землетрясений	То же	–	То же	Прямолинейно-вогнутые	Четвертичные всех возрастов	900–980 м	Средний вверху 35°, внизу 26°	То же	Неподмываемые, на первую надпойменную террасу
Первый (Черноморское побережье Южного берега Крыма)	Флишевые и флишоидные отложения средней юры (J_2) и верхнего триаса – нижней юры, интенсивно выветрелых в зоне мощностью 80 м	То же, но отм. 400 м. Участок 8–9-балльных землетрясений, пересечения разрывов	2 горизонта вод с уклоном	–	Тектонические трещины с углом пад. 10–80°, прослои выветрелых аргиллитов	Ступенчатые	Четвертичные	360–410 м, стенки до 80 м	Средний 12°, стенки – 60°	Формируют волновой режим моря, пополняют запасы подземных вод	Высокая интенсивность абразии волнами восточных румбов, на долю которых приходится 60% штормов
Второй (Черноморское побережье Южного берега Крыма)	Интенсивно дислоцированные и трещиноватые отложения верхнего триаса и нижней юры (породы таврической серии). Мощность зоны выветривания и разгрузки пород около 60 м	Относительно поднятые для региона структурные блоки с отметкой плато 200 м; зона 8–9-балльных землетрясений	Грунтовые воды в оползневых накоплениях и в элювии с уклоном 0,3	–	Крупные тектонические трещины с углом падения 10–70°, зоны смещения в древних оползнях с углом падения 6–12°, ступенчатый профиль склона	Ступенчатые	Четвертичные	215 м, клиф – 30–60 м, ступени – 30 м	Средний – 10°, обрывы – 25–30°	Установлено совпадение периодов активизации оползней и обильных дождей	Максимальная для побережья интенсивность абразии. Интенсивная глубинная эрозия

Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	Малые по объему обвалы и осыпи	Относительно устойчивые	Улавливающие защитные сетки; защита от эрозии; периодическая уборка свободно лежащих камней
	То же	То же	Улавливающие защитные сетки; периодическая уборка свободно лежащих камней и глыб пород; недопущение подрезок склонов
	Скольжения блоков и пакетов пород, повторные – течения	Неустойчивые. Методы оценок те же	Регулирование поверхностного стока; спуск водоемов со склонов; защита склонов от абразии; локальный дренаж вод в зоне погребенных эрозионных ложбин; каптаж источников; локальное осушение пород склонов
	Скольжение блоков и пакетов пород, повторные – течения	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	Защита склонов от абразии и эрозии; регулирование поверхностного стока; локальный дренаж и каптирование источников; частичная планировка склонов; повышение методами технической мелиорации прочности пород на сдвиг; защита растительности

Тип склона и регион	Признаки, определяющие инженерно-геологический тип			Подтип	Признаки, определяющие инженерно-геологический подтип						
	литолого-генетические и петрографические комплексы пород	структурные условия формирования	гидрогеологические условия		соотношение зон ослабления в массиве пород со склонами	геоморфологические особенности склонов				климатические особенности формирования склонов	силовое воздействие процессов эрозии и абразии
						профиль склона	возраст	высота	крутизна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Третий (Черноморское побережье Южного берега Крыма)	Интенсивно дислоцированные флишевые и флишоидные отложения средней юры, верхнего триаса–нижней юры. Мощность зоны выветривания и разгрузки пород около 60 м	То же, но в зоне узла пересечения разрывов	Грунтовые воды в оползневых накоплениях и в элювии с уклоном 0,3	–	Крупные тектонические трещины с углом падения 10–70°, зоны смещения в древних оползнях с углом падения 6–12°, ступенчатый профиль склона	Ступенчатые	Четвертичные	215 м, клиф – 15 м. оползневые ступени – 30 м	Средний – 12°, обрывы – 30–40°	Установлено совпадение периодов активизации оползней и обильных дождей	Высокая интенсивность абразии. Установлена тесная связь между скоростью размыва пород и интенсивностью оползней
Четвертый (Черноморское побережье Южного берега Крыма)	Интенсивно дислоцированные флишевые и флишоидные отложения средней юры, верхнего триаса–нижней юры. Мощность зоны выветривания и разгрузки до 100 м. Огромные по объему смещенные блоки известняков верхней юры (J_3)	Максимально поднятые для региона структурные блоки с отметкой 480 м. Узел пересечения разрывов, зона 8–9-балльных землетрясений	Горизонт грунтовых и подземных вод с уклоном 0,3	–	Крупные тектонические трещины с углом падения 10–70°, зоны смещения в древних оползнях с углом падения 6–12°, ступенчатый профиль склона	Ступенчатые	Верхнечетвертичные и современные	480 м, уступы – 10–15 м, клиф – 20 м	30–60°, пологие части – 6° и обратный уклон	Влияние атмосферных осадков на активизацию оползней не существенно. Ветры проявляются в волновом режиме моря	Максимальная для побережья интенсивность абразии и эрозионной расчлененности
Пятый (Черноморское побережье Южного берега Крыма)	Интенсивно дислоцированные флишевые отложения таврической серии. Мощность зоны выветривания и разгрузки достигает 25 м	Относительно опущенные для региона структурные блоки с отметкой 60 м. Зона субпараллельного склону разрыва и 8–9-балльных землетрясений	То же	–	То же и зоны выщелачивания пород на границе грунтовых и подземных вод	Прямолинейные с уступом внизу	Верхнечетвертичные и современные	60 м, береговой уступ – 16 м	Средний 13–20°, клиф – 60°	То же	Высокая интенсивность абразии
Шестой (Черноморское побережье Южного берега Крыма)	Интенсивно дислоцированные флишевые отложения таврической серии. Мощность зоны выветривания и разгрузки пород около 25 м	Относительно поднятые для региона структурные блоки с отметкой 190 м. Далее–то же	Грунтовые воды в оползневых образованиях с уклоном 0,3	–	Крупные тектонические трещины субпараллельные склону с углом падения 18–70°. Зоны выщелачивания пород	Прямолинейные с уступами внизу	Четвертичные	150 м	Средний 18°	Ливневые и затяжные дожди усиливают боковую эрозию рек, обводняют рыхлые склоновые образования	Интенсивная донная и боковая эрозия в периоды паводков

Схематический разрез оползневого склона	Типы оползней на склонах (по М.К. Рзаевой, 1969; К.А. Гулакяну, В.В. Кюнтцелю, 1976)	Устойчивость оползневых склонов и методы ее оценки	Комплекс противооползневых мероприятий
13	14	15	16
	То же; в верховьях оврагов–обвальные накопления мощностью до 15 м	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	Защита склонов от абразии и эрозии; регулирование поверхностного стока; локальный дренаж и каптирование источников; частичная планировка склонов; повышение методами технической мелиорации прочности пород на сдвиг; защита растительности
	Скольжение блоков и пакетов пород, повторные – течения	То же	То же
	Древние и старые оползни скольжения. Повторные – течения	Относительно устойчивые. Возможны локальные смещения типа течения	Регулирование поверхностного стока; защита склонов от абразии; каптаж источников; защитные покрытия пород склонов от выветривания и обводнения; защита растительности
	Древние и старые оползни скольжения блоков и пакетов пород. Современные–течения и скольжения	Неустойчивые. Методы оценок устойчивости те же	Защита склонов от речной эрозии; регулирование поверхностного стока; защитные покрытия пород склонов от выветривания и замачивания; частичная планировка склонов; защита растительности

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

1. Принципы инженерно-геологической типизации оползневых склонов 3

2. Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов речных долин равнинных областей 7

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов на территории Киева (правобережные склоны долины Днепра) 7

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов на территории Полтавы (правобережные склоны долины Ворсклы) 10

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов долины Волги на территории г. Ульяновска 11

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов долины Волги на территории Волгограда 14

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов долины Оби в пределах территории Барнаула 20

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов долины Ангары в районе Богучанского гидроузла . . 22

3. Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов морских побережий равнинных областей 26

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов на территории Одессы 27

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов Северного Приазовья в пределах Бердянского и Белосарайского заливов 30

4. Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов речных долин предгорных областей 31

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов на территории Кодр Молдавской ССР 32

5. Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов речных долин горно-складчатых областей 34

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов долины р. Нарын в районе Токтогульского гидроузла (Северный Тянь-Шань) 37

6. Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов морских побережий горно-складчатых областей 44

Инженерно-геологическая типизация оползневых склонов черноморского побережья Южного берега Крыма . . 45

Приложение. Пример инженерно-геологической типизации оползневых склонов в пределах типичных регионов СССР применительно к задачам прогноза их устойчивости и инженерной защиты 50

ПНИИИС Госстроя СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией *Л.Г. Бальян*
Редактор *С.В. Беликина*
Мл. редактор *Т.Л. Шенявская*
Технический редактор *Р.Я.Лаврентьева*
Корректор *Е.Р. Герасимюк*

И/К

Подписано в печать 31.05.84. Т–12579. Формат 84x108/16. Набор машинописный. Печать офсетная. Бумага офсетная №2. Усл.печ.л. 8,40. Уч.-изд.л. 10,41. Усл.кр.отт. 9,03. Тираж 5000 экз. Изд. №-XII-158. Заказ 2863 Цена 50 коп.

Стройиздат, 101442, Каляевская, 23а

ЦИТП, 125878, ГСП, А-445, ул. Смольная, 22