

Engineering Geology 2/2017

ISSN 1993-5056

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ



При поддержке:

Саморегулируемая организация



НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БОГДАНОВ М.И.

Главный редактор, генеральный директор ООО «ИГИИС», к.г.-м.н.

БОЛДЫРЕВ Г.Г.

Директор по научной работе и инновациям

ООО «НПП «Геотек», профессор кафедры геотехники и дорожного строительства Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, д.т.н.

ВОЗНЕСЕНСКИЙ Е.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н.

КОНИЩЕВ В.Н.

Заведующий кафедрой криолитологии и гляциологии географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.н., профессор

КОРОЛЕВ В.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н.

ЛЕХОВ М.В.

Ведущий научный сотрудник геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.г.-м.н., федеральный эксперт Министерства образования и науки РФ

ПАШКИН Е.М.

Профессор кафедры инженерной геологии МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, д.г.-м.н.

СЕРЕДИН В.В.

Заведующий кафедрой инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета, генеральный директор научно-исследовательского, проектного и производственного предприятия по природоохранной деятельности ООО «НИПППД «Недра», д.г.-м.н., профессор

ТЕР-МАТИРОСЯН З.Г.

Профессор кафедры механики грунтов и геотехники НИУ МГСУ, д.т.н.

ТЕР-МАТИРОСЯН А.З.

Руководитель НОЦ «Геотехника», доцент кафедры механики грунтов и геотехники НИУ МГСУ, д.т.н.

ТРОФИМОВ В.Т.

Советник ректората, заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., профессор

РЕДАКЦИЯ

107076, Москва, ул. Электrozаводская, дом 60.

Тел.: +7 (495) 210-63-90, 210-63-06,

e-mail: info@geomark.ru

ТОРБИНА ЕКАТЕРИНА

Генеральный директор

КРЮКОВ ПАВЕЛ

Менеджер по рекламе

kpr@geomark.ru

ЛУЗГАНОВ ГРИГОРИЙ

Отдел подписки и распространения

rg@geomark.ru

АПТИКАЕВА ГАЛИНА

Литературный редактор

ИП Гилманов М.А.

Верстка

Редакция может не разделять точку зрения автора.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.

Подписано в печать 22.04.2017. Тираж 1000 экз.

Формат издания 50x70/8.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации

ПИ № ФС77-48918 от 12 марта 2012 г.

Подписной индекс ОАО Агентство «Роспечать» 36611.

Журнал включен в перечень ВАК.

Фото на обложке: http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/78/Night_MGU.JPG

© ООО «Геомаркетинг»

СОБЫТИЯ

К юбилею Виктора Титовича Трофимова

7

Аверкина Т.И., Барыкина О.С.

О научно-практической конференции

«Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения»

8

ИСТОРИЯ, ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

Трофимов В.Т.

Генезис просадочности лессовых пород:

содержание задачи, история развития взглядов,

вклад Н.И. Кригера, современное состояние вопроса

14

Пашкин Е.М.

Концепция инженерно-геологической диагностики деформаций памятников истории и культуры

22

РЕГИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Спектор В.Б., Шестакова А.А., Торговкин Я.И., Спектор В.В.

Инженерно-геологическая карта Республики Саха (Якутии)

28

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА

Королев В.А., Минина М.В.

Типизация литотехнических систем для обоснования схем противооползневой инженерной защиты

38

ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Крашенинников В.С., Хоменко В.П.

Изменение гранулометрического состава несвязных грунтов, предшествующее карстово-суффозионному провалообразованию

52

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОФИЗИКА

Агеев В.В., Агеев Д.В.

Изучение мерзлых разрезов Якутии с помощью зондирования становлением поля в ближней зоне и вертикального электрического зондирования методом вызванной поляризации

64

ЛИТЕРАТУРНАЯ СТРАНИЧКА

Сергеев Е.М.

Взгляд сквозь годы. Воспоминания (продолжение)

70

РЕФЕРАТЫ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

79

EVENTS

On the occasion of Viktor Titovich Trofimov's jubilee

7

Averkina T.I., Barykina O.S.

On the research and practice conference

"Engineering-geological problems of the present time, and methods of their solution"

8

HISTORY, THEORY AND METHODOLOGY

Trofimov V.T.

Genesis of the subsidence ability of loess soils: content of the problem, history of the development of scientific views, N.I. Kriger's contribution, present state of the problem

14

Pashkin E.M.

A concept of engineering-geological diagnostics of deformations of archeological and cultural monuments

22

REGIONAL ENGINEERING GEOLOGY

Spektor V.B., Shestakova A.A., Torgovkin Ya.I., Spektor V.V.

An engineering-geological map of the Republic of Sakha (Yakutia)

28

ENGINEERING GEODYNAMICS

Korolev V.A., Minina M.V.

A typification of lithotechnical systems for substantiating landslide engineering protection schemes

38

SOIL SCIENCE

Krashennnikov V.S., Khomenko V.P.

Changing noncohesive soil granulometric composition that precedes karst-piping sinkhole formation

52

ENGINEERING GEOPHYSICS

Ageev V.V., Ageev D.V.

Studying frozen cross-sections in Yakutia using near-field transient electromagnetic sounding and induced polarization vertical electrical sounding

64

LITERARY PAGE

Sergeev E.M.

A hindsight through the years. Memoirs (continuation)

70

ABSTRACTS IN ENGLISH

79

НОМЕР ВЫПУЩЕН ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

ООО «ИНСТИТУТ ГЕОТЕХНИКИ И ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ» (ООО «ИГИИС»)

Директор: БОГДАНОВ Михаил Игоревич.

Адрес: 107076, г. Москва, ул. Электрозаводская, 60.

E-mail: mail@igiis.ru.

Сайт: www.igiis.ru.

Тел.: +7 (495) 366-31-89.

Факс: +7 (495) 366-31-90

НП СРО «АИИС»

Директор: МАТРОСОВА Альбина Владимировна.

Адрес: 107076, г. Москва, ул. Электрозаводская, 60.

E-mail: mail@oalis.ru.

Сайт: www.oalis.ru.

Тел./факс: +7 (495) 228-08-68

ООО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ, ПРОЕКТНОЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ ПО ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «НЕДРА» (ООО «НИПППД «НЕДРА»)

Генеральный директор: СЕРЕДИН Валерий Викторович.

Адрес: 614064, Пермский край, г. Пермь,

ул. Л. Шатрова, 13а.

E-mail: nedra@nedra.perm.ru.

Сайт: www.nedra.perm.ru.

Тел./факс: +7 (342) 291-57-06

ТИПИЗАЦИЯ ЛИТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ СХЕМ ПРОТИВООПОЛЗНЕВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ

A TYPIFICATION OF LITHOTECHNICAL SYSTEMS FOR SUBSTANTIATING LANDSLIDE ENGINEERING PROTECTION SCHEMES



КОРОЛЕВ В.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д. г.-м. н., г. Москва, va-korolev@bk.ru

KOROLEV V.A.

Professor of the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), Moscow, va-korolev@bk.ru

МИНИНА М.В.

Ведущий специалист Центра государственного мониторинга состояния недр и региональных работ ФГБУ «Гидроспецгеология», г. Москва, minina86@yandex.ru

MININA M.V.

Leading specialist of the Center for State Monitoring of the Subsurface and for Regional Work, "Hydrospetzgeologiya" federal state budgetary institution, Moscow, minina86@yandex.ru

Ключевые слова:

типизация литотехнических систем; оползневые процессы; противооползневая инженерная защита; типизация оползней; долина реки Мзымта.

Key words:

typification of lithotechnical systems; landslide processes; landslide engineering protection; typification of landslides; Mzymta river valley.

Аннотация

В работе приводится типизация литотехнических систем с целью дальнейшей разработки на этой основе типовых схем противооползневой инженерной защиты. Исследования проводились на базе оценки функционирования ряда объектов инфраструктуры, возведенных к зимним Олимпийским играм 2014 года в долине реки Мзымта, отличающейся высокой степенью пораженности экзогенными геологическими процессами, в том числе оползневыми. Типизация литотехнических систем была проведена с учетом таких характеристик, как: тип оползня; тип инженерного сооружения; категория оползневого риска; соотношение размера зоны влияния сооружения и характерного размера оползневого массива; расположение сооружения относительно оползневого склона (головной, средней или языковой части); способ возведения сооружения (на насыпи, в выемке, без рельефопреобразующих работ). Кроме того, в работе приведены рекомендации по учету выделенных типов литотехнических систем при проектировании противооползневой инженерной защиты.

Abstract

This paper considers a typification of lithotechnical systems for the further development of standard schemes of landslide engineering protection. This study was based on a function assessment of a number of infrastructure facilities constructed for the Winter Olympic Games in 2014 in the Mzymta river valley. This valley is characterized by highly developed exogenous geological processes, including landslides. The typification of lithotechnical systems was carried out taking into account the following characteristics: a landslide type; a type of engineering structure; a landslide risk category; the relationship between the size of the influence zone of an engineering structure and the characteristic dimension of a landslide; the location of an engineering structure relative to a landslide slope (its head, middle, or bottom part); and the method of the construction of an engineering structure (on an embankment, in an excavation, without any relief transformation). In addition, this paper provides recommendations for taking the selected types of lithotechnical systems into account for the design of landslide engineering protection.

Введение

Основная идея создания типовых схем инженерной противооползневой защиты состоит в том, что для определенных типов литотехнических систем (ЛТС) можно заранее предложить наиболее рациональные и наиболее эффективные схемы их инженерной защиты, которые принимаются как типовые, а затем для выделенных на изучаемой территории типов оползней и соответствующих ЛТС можно уверенно рекомендовать те или иные готовые варианты противооползневой инженерной защиты. Это может существенно снизить временные и экономические затраты на создание систем инженерной защиты сооружений [4]. В основе этой идеи лежит метод аналогий, позволяющий для территорий с аналогичными инженерно-геологическими условиями применять указанные типовые схемы.

Кроме того, в соответствии с нормативными документами инженерно-геологические изыскания на оползнеопасных склонах должны включать анализ эффективности мероприятий инженерной защиты на оползнеопасных участках со схожими инженерно-геологическими условиями [18].

Реализация этой идеи проводилась авторами на примере территории долины реки Мзымта (Краснодарский край), которая подвержена оползневой опасности при ее освоении (более 50% образовавшихся оползней являются здесь антропогенными [11]), в том числе при строительстве и эксплуатации олимпийских объектов, возведенных к Олимпиаде «Сочи-2014». Цель настоящей статьи — обоснование типизации ЛТС, относящихся к различным инженерным сооружениям, находящимся в сфере взаимодействия с оползнями, для последующей разработки типовых схем противооползневой защиты.

Среди основных уже реализованных конструкций и мер по противооползневой защите олимпийских объектов можно выделить:

- буроинъекционные анкеры, усиленные сетчатой конструкцией;
- свайные удерживающие сооружения;
- армирование грунта по технологии «Terre Armee» (Terre Armee);
- подпорные стены на свайных основаниях, усиленные анкерными системами;
- агролесомелиорацию;
- дренажные сооружения;
- противоэрозионные мероприятия и т.д.

Однако во многих случаях стабилизация опасных процессов не была достигнута в силу следующих основных причин:

- отсутствие взаимоувязанных проектных и технических решений;
- ведомственная разобщенность и различные источники финансирования работавших организаций;
- малая достоверность прочностных характеристик грунтов (особенно щебенисто-дресвяных с заполнителем, аргиллитов и т.д.), предлагаемых по данным изысканий;
- выбор нерациональных и неэффективных схем инженерной защиты;
- неучет особых возможных условий (сейсмического воздействия, сильного обводнения);
- отсутствие во многих случаях прогноза изменений инженерно-геологических условий при техноген-

ном вмешательстве (например, при подрезке склона, возведении насыпи, уничтожении растительности);

- антропогенное воздействие, превышающее расчетную нагрузку [9], и т.д.

Исследование авторов было поделено на три этапа:

- 1) типизация оползней;
- 2) типизация ЛТС;
- 3) разработка типовых схем инженерной защиты.

Каждый этап значителен и по содержанию, и по объему. Типизация оползней, к примеру, подробно описана в работе [16]. Второй этап исследования, характеризуемый в настоящей статье, призван лишь обосновать типизацию ЛТС, выделенных в долине реки Мзымта. А в дальнейшем (на третьем этапе) на базе созданной типизации ЛТС можно будет рекомендовать типовые схемы инженерной защиты с учетом удачных и неудачных примеров противооползневой инженерной защиты.

Необходимо подчеркнуть, что представленная в статье типизация была разработана только для случаев, встреченных в рамках исследования. Поскольку был необходим учет большого числа факторов при типизации ЛТС, в том числе таких как разнообразие особенности выделенных оползней, сложные инженерно-геологические условия, конструктивные особенности возведенных инженерных сооружений и их огромное количество, то достижение поставленной цели только в рамках объекта исследования было крайне непростым.

При этом в работе обсуждается только качественная инженерная защита применительно к ответственным сооружениям. Например, рассматриваются автомобильные дороги третьей категории и выше (то есть грунтовые дороги не включены в анализ). Кроме того, значимость защищаемых объектов учитывается при определении категории оползневого риска — параметра, используемого при типизации ЛТС.

Методика типизации литотехнических систем

Типизация литотехнических систем невозможна без типизации взаимосвязанных с ними геологических подсистем. Поэтому на первом этапе исследований необходимо было выполнить типизацию самих оползней, находящихся в зоне влияния технических подсистем. При этом было выделено три основных типа оползней, распространенных в долине реки Мзымта, которые представляют наибольшую угрозу для объектов инфраструктуры и которые явились основанием для дальнейших исследований [14–16].

При типизации оползней с целью последующего обоснования схем инженерной защиты были учтены соответствующие разработки в этой области [1–3, 20–23, 26].

Типовые оползни были охарактеризованы по ряду параметров, которые необходимо учитывать при проектировании противооползневой инженерной защиты.

При этом были выделены следующие типы оползней.

1. Блоковые оползни (срезающие и соскальзывающие). Характер развития оползневых деформаций данного типа — сдвиг с блоковым смещением тела оползня по вогнутой криволинейной поверхности либо по условно плоской поверхности. Оползание происходит в виде последовательного смещения блоков склона с образованием террасовидной поверхности. Мощность оползневых масс в среднем составляет 4–35 м. Средний уклон оползневых склонов — 15–28°. Данный тип оползней

развит преимущественно в суглинках, глинах, глинистых сланцах, аргиллитах, глинистых мергелях. Данный тип оползней получил наибольшее распространение в долине реки Мзымта.

II. Оползни вязкопластического течения. Характер развития — *смещение оползневых масс в виде вязкопластического течения*, при этом смещения на дневной поверхности больше, чем у подошвы слоя. Поверхность скольжения приурочена к кровле коренных пород, являющихся водоупорными. Мощность оползневых масс в среднем составляет 3–20 м. Средний уклон оползневого склона — 10–26°. По литологическому составу оползневые массы представлены преимущественно глинами, суглинками, аргиллитами, алевролитами с прослоями песчаников.

III. Комбинированные оползни. Данный тип оползней характеризуется сочетанием двух видов движения — *сдвига и вязкопластического течения*. Мощность оползневых масс в среднем составляет 5–30 м. Средний уклон оползневого склона — 10–28°. Литологический состав оползневых масс представлен преимущественно аргиллитами, алевролитами, глинистыми сланцами.

На рассматриваемом (втором) этапе исследования авторами были выделены типы литотехнических систем (ЛТС) с участием оползней, оценено взаимодействие вышеуказанных типов оползней (геологических подсистем) с наиболее распространенными инженерными сооружениями (техническими подсистемами), среди которых преобладают:

- 1) автомобильные дороги;
- 2) железная дорога;
- 3) опоры канатных дорог;
- 4) опоры эстакад;
- 5) отдельно стоящие постройки (жилые либо производственные здания, объекты различного назначения).

Как известно, *литотехническая система* — это часть природно-технической системы, включающая подсистему инженерных сооружений (*техническую подсистему*) и взаимодействующую с ней часть литосферы (*геологическую подсистему*) [5].

Локальная ЛТС представляет собой пространственно-временную совокупность элементарных ЛТС, сферы взаимодействия которых граничат или пересекаются между собой.

Элементарная ЛТС состоит из отдельного сооружения (технического объекта) и взаимодействующей с ним области литосферы, называемой *сферой взаимодействия* или *областью влияния*. В этой области в результате взаимодействия с сооружением изменяется ход естественных геологических процессов, развиваются инженерно-геологические процессы, меняются особенности грунтов основания сооружения и пр.

Сочетание трех наиболее распространенных в долине реки Мзымта типов оползней (геологических подсистем) и пяти типов сооружений (технических подсистем) позволяет выделить ряд литотехнических систем, являющихся типичными для данной территории. При этом ЛТС рассматривается не как механическое сочетание указанных подсистем, а как целостное образование, обладающее свойствами системы (эмерджентностью и пр.). В результате этого были выделены основные типы ЛТС (см. таблицу) и их подтипы с целью последующего обоснования типовых схем противооползневой инженерной защиты.

Подтипы ЛТС были выделены с учетом следующих факторов:

- 1) категория оползневого риска;
- 2) расположение инженерного сооружения относительно оползневого склона или склона вне оползней с учетом уклона;
- 3) способ возведения инженерного сооружения.

Организация противооползневой инженерной защиты должна планироваться с учетом различных категорий оползневого риска [8, 10, 18]. На основе подхода, описанного в методических рекомендациях ОДМ 218.2.033-2013 [18], было выделено пять *категорий оползневого риска*, которые соответствуют следующим состояниям:

- 1) оползневое событие быстро и практически гарантированно влечет за собой полное разрушение объекта инфраструктуры и/или приводит к невосполнимым потерям окружающей природной среды, гибели людей (R1);
- 2) оползневое событие с высокой вероятностью может привести к значительному ущербу для объекта инфраструктуры и/или окружающей природной среды с возможными травмами людей (R2);
- 3) оползневое событие может повлечь за собой серьезный ущерб для объекта инфраструктуры, но создает малую угрозу здоровью людей и окружающей природной среде (R3);
- 4) оползневое событие с низкой вероятностью может привести к снижению эффективности функционирования объекта инфраструктуры, но не представляет опасности для окружающей природной среды и здоровья людей (R4);
- 5) оползневое событие с низкой вероятностью может повлечь за собой незначительное снижение качества функционирования объекта инфраструктуры, но не представляет опасности для самого объекта, окружающей природной среды и здоровья людей (R5).

Так как очевидно, что в первом случае строить вообще нельзя, а в пятом опасности в принципе нет, то данные категории риска были исключены из анализа и учитывались только вторая, третья и четвертая категории.

Расположение инженерного сооружения относительно оползневого склона рассматривается в трех вариантах — для головной (г), средней (с) или языковой (я) части оползня. Либо рассматривается расположение инженерного сооружения относительно склона вне оползней с учетом уклона в шести вариантах — для верхней (в), средней (с) или нижней (н) части пологого (п) или крутого (к) склона.

Также при типизации ЛТС были учтены следующие *способы возведения инженерного сооружения*: при создании выемки, насыпи или без рельефообразующих работ.

Кроме того, в анализ был включен такой фактор, как *соотношение размера зоны влияния сооружения (D) и характерного размера оползневого массива (h)*. Характерным размером оползневого массива могут быть средняя мощность, протяженность, длина оползня и др. Данный фактор позволяет учесть масштаб оползня и рассматривается в двух вариантах. А именно, когда зона влияния проектируемого или существующего сооружения больше характерного размера оползневого массива ($D > h$) либо наоборот ($D < h$).

Таблица

Типизация локальных ЛТС для целей противооползневой защиты*									
Геологическая подсистема			Техническая подсистема						
Тип оползня, склона	Категория оползневого риска	Расположение технической подсистемы относительно геологической**	Автомобильная дорога (А)		Железная дорога (Ж)		Опоры эстакад (Э)	Опоры канатных дорог (К)	Отдельно стоящие постройки, здания (З)
			на насыпи (н)	в выемке (в)	на насыпи (н)	в выемке (в)			
I. Блоковый оползень сдвига (срезающий или соскальзывающий)	R2	г	I.R2.г-Ан	I.R2.г-Ав	-	-	-	I.R2.г-К	I.R2.г-З
		с	I.R2.с-Ан	I.R2.с-Ав	I.R2.с-Жн	I.R2.с-Жв	-	I.R2.с-К	I.R2.с-З
		я	I.R2.я-Ан	I.R2.я-Ав	I.R2.я-Жн	I.R2.я-Жв	I.R2.я-Э	I.R2.я-К	I.R2.я-З
	R3	г	I.R3.г-Ан	I.R3.г-Ав	-	-	-	I.R3.г-К	I.R3.г-З
		с	I.R3.с-Ан	I.R3.с-Ав	I.R3.с-Жн	I.R3.с-Жв	-	I.R3.с-К	I.R3.с-З
		я	I.R3.я-Ан	I.R3.я-Ав	I.R3.я-Жн	I.R3.я-Жв	I.R3.я-Э	I.R3.я-К	I.R3.я-З
	R4	-	I.R4-A, I.R4-Ж, I.R4-Э, I.R4-K, I.R4-З						
II. Вязкопластический оползень	R2	с	II.R2.с-Ан	II.R2.с-Ав	II.R2.с-Жн	II.R2.с-Жв	-	-	-
		я	II.R2.я-Ан	II.R2.я-Ав	II.R2.я-Жн	II.R2.я-Жв	II.R2.я-Э	-	-
	R3	с	II.R3.с-Ан	II.R3.с-Ав	II.R3.с-Жн	II.R3.с-Жв	-	-	-
		я	II.R3.я-Ан	II.R3.я-Ав	II.R3.я-Жн	II.R3.я-Жв	II.R3.я-Э	-	-
	R4	-	II.R4-A, II.R4-Ж, II.R4-Э						
III. Комбинированный оползень	R2	с	III.R2.с-Ан	III.R2.с-Ав	III.R2.с-Жн	III.R2.с-Жв	-	-	-
		я	III.R2.я-Ан	III.R2.я-Ав	III.R2.я-Жн	III.R2.я-Жв	III.R2.я-Э	-	-
	R3	с	III.R3.с-Ан	III.R3.с-Ав	III.R3.с-Жн	III.R3.с-Жв	-	-	-
		я	III.R3.я-Ан	III.R3.я-Ав	III.R3.я-Жн	III.R3.я-Жв	III.R3.я-Э	-	-
	R4	-	III.R4-A, III.R4-Ж, III.R4-Э						
IV. Склоны вне оползней	R2	кв	IV.R2.кв-Ан	IV.R2.кв-Ав	-	-	-	-	-
		пв	IV.R2.пв-Ан	IV.R2.пв-Ав	-	-	-	-	-
		кс	IV.R2.кс-Ан	IV.R2.кс-Ав	IV.R2.кс-Жн	IV.R2.кс-Жв	-	-	-
		пс	IV.R2.пс-Ан	IV.R2.пс-Ав	IV.R2.пс-Жн	IV.R2.пс-Жв	-	-	-
		кн	IV.R2.кн-Ан	IV.R2.кн-Ав	IV.R2.кн-Жн	IV.R2.кн-Жв	-	-	-
		пн	IV.R2.пн-Ан	IV.R2.пн-Ав	IV.R2.пн-Жн	IV.R2.пн-Жв	-	-	-
	R3	кв	IV.R3.кв-Ан	IV.R3.кв-Ав	-	-	-	-	-
		пв	IV.R3.пв-Ан	IV.R3.пв-Ав	-	-	-	-	-
		кс	IV.R3.кс-Ан	IV.R3.кс-Ав	IV.R3.кс-Жн	IV.R3.кс-Жв	-	-	-
		пс	IV.R3.пс-Ан	IV.R3.пс-Ав	IV.R3.пс-Жн	IV.R3.пс-Жв	-	-	-
		кн	IV.R3.кн-Ан	IV.R3.кн-Ав	IV.R3.кн-Жн	IV.R3.кн-Жв	-	-	-
		пн	IV.R3.пн-Ан	IV.R3.пн-Ав	IV.R3.пн-Жн	IV.R3.пн-Жв	-	-	-
	R4	-	IV.R4-A, IV.R4-Ж, IV.R4-З						

* Типы локальных ЛТС указаны в виде комбинаций двойных индексов: римские цифры — типы оползней или склонов, прописные (заглавные) буквы — типы сооружений. Подтипы ЛТС учитывают: категорию оползневого риска, расположение сооружения относительно оползня или склона вне оползня и способ возведения инженерного сооружения.

** г, с, я — соответственно головная, средняя и языковая части оползня; кв, кс, кн — соответственно верхняя, средняя и нижняя части крутого склона; пв, пс, пн — соответственно верхняя, средняя и нижняя части пологого склона.

В таблице типы оползней (геологических подсистем) указаны римскими цифрами, а типы технических подсистем (сооружений) — прописными (заглавными) буквами. Типы соответствующих локальных ЛТС указаны в виде комбинаций двойных индексов. Кроме того, выделены подтипы ЛТС в зависимости от вышеуказанных параметров. Всего, таким образом, выделено 13 типов ЛТС (показанных в таблице разными цветами) и 114 их подтипов (см. таблицу).

Необходимо отметить, что в выделенных ЛТС осуществляется многообразное по своей природе взаимодействие технических и геологических подсистем [4–6, 19, 24], которое надо принимать во внимание при обосновании схем и мероприятий по инженерной защите.

Рассмотрим главные особенности выделенных ЛТС, которые необходимо будет учитывать при разработке схем их инженерной защиты.

Особенности ЛТС, относящихся к автодорогам

Общая схема структуры литотехнической системы (типов I-A, II-A, III-A, IV-A) автомобильной дороги с зоной влияния, распространяющейся на оползень, представлена на рис. 1.

Рассмотрим особенности структур ЛТС типов I-A, II-A, III-A и IV-A согласно таблице.

1. ЛТС автомобильной дороги с зоной влияния, распространяющейся на срезающий блоковый оползень либо на блоковый оползень соскальзывания (тип I-A). Среди этих литотехнических систем выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска:

- I.R2/R3.г-Ан — автомобильная дорога на насыпи, расположенная в головной части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;
- I.R2/R3.с-Ан — автомобильная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;
- I.R2/R3.я-Ан — автомобильная дорога на насыпи, расположенная в языковой части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;
- I.R2/R3.г-Ав — автомобильная дорога в выемке, расположенная в головной части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;
- I.R2/R3.с-Ав — автомобильная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания (рис. 2);
- I.R2/R3.я-Ав — автомобильная дорога в выемке, расположенная в языковой части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания.

Для четвертой категории риска: I.R4-A — автомобильная дорога, расположенная на блоковом оползне.

Для этих ЛТС при проектировании инженерной защиты необходимо учитывать, что указанный механизм развития деформаций грунтов может привести к оказанию значительного бокового давления на все сооружения в пределах полосы отвода автомобильной дороги, деформированию и смещению дороги, возникновению трещин растяжения, наплыву оползневых масс на дорогу.

2. ЛТС автомобильной дороги с зоной влияния, распространяющейся на вязкопластический оползень (тип II-A). Среди этих ЛТС выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска:

- II.R2/R3.с-Ан — автомобильная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть вязкопластического оползня;
- II.R2/R3.я-Ан — автомобильная дорога на насыпи, расположенная в языковой части вязкопластического оползня;
- II.R2/R3.с-Ав — автомобильная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть вязкопластического оползня;
- II.R2/R3.я-Ав — автомобильная дорога в выемке, расположенная в языковой части вязкопластического оползня (рис. 3).

Для четвертой категории риска: II.R4-A — автомобильная дорога, пересекающая вязкопластический оползень.

Для таких ЛТС при проектировании инженерной защиты необходимо учитывать, что указанный механизм развития деформаций грунтов может привести к тому, что разжиженные грунтовые массы в виде вязкопластического потока сплывут на полотно автомобильной дороги.

3. ЛТС автомобильной дороги с зоной влияния, распространяющейся на комбинированный оползень (тип III-A). Среди таких ЛТС выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска:

- III.R2/R3.с-Ан — автомобильная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть комбинированного оползня;
- III.R2/R3.я-Ан — автомобильная дорога на насыпи, расположенная в языковой части комбинированного оползня;
- III.R2/R3.с-Ав — автомобильная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть комбинированного оползня;
- III.R2/R3.я-Ав — автомобильная дорога в выемке, расположенная в языковой части комбинированного оползня.

Для четвертой категории риска: III.R4-A — автомобильная дорога, пересекающая комбинированный оползень.

Для этих ЛТС при проектировании инженерной защиты необходимо учитывать расположение сооружения. Если оно находится в зоне развития блокового оползня, то в случае активизации оползня будет оказано значительное боковое давление на все сооружения в пределах полосы отвода автомобильной дороги, произойдут деформирование и смещение дороги, появятся трещины растяжения, возникнет наплыв оползневых масс на дорогу. Если сооружение располагается в зоне развития вязкопластического оползня, то в случае активизации оползня разжиженные грунтовые массы в виде вязкопластического потока сплывут на полотно дороги. Если же автомобильная дорога пересекает и блоковый, и вязкопластический оползень, то могут возникнуть все описанные выше воздействия на техническую подсистему.

4. ЛТС автомобильной дороги с зоной влияния, распространяющейся на склон вне оползня (тип IV-A). Среди этих литотехнических систем выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

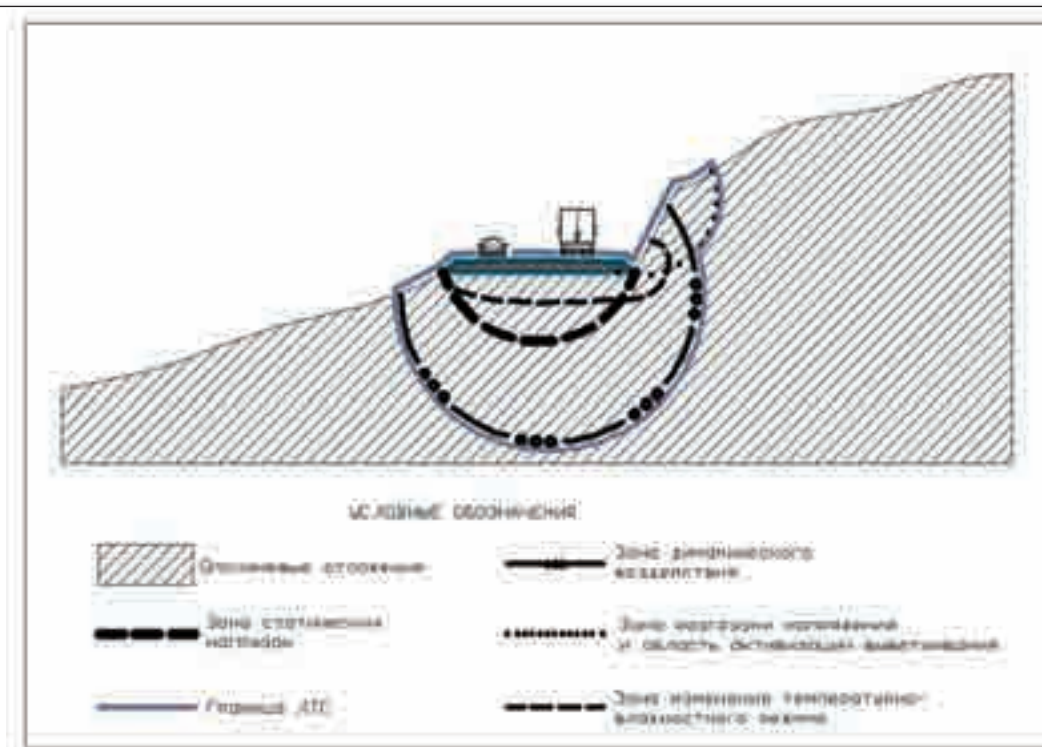


Рис. 1. Общая схема структуры литотехнической системы (типов I-A, II-A, III-A, IV-A) автомобильной дороги с зоной влияния, распространяющейся на оползень



Рис. 2. Автомобильная дорога, ведущая к горнолыжному комплексу «Роза Хутор», проложенная в выемке и пересекающая среднюю часть блокового оползня (ЛТС типа I-A)



Рис. 3. Автомобильная дорога в выемке, пересекающая языковую часть вязкопластического оползня (ЛТС типа II-A)

Для второй и третьей категорий риска:

- IV.R2/R3.кв-Ан — автомобильная дорога на насыпи, расположенная в верхней части крутого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.пв-Ан — автомобильная дорога на насыпи, расположенная в верхней части пологого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.кс-Ан — автомобильная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть крутого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.пс-Ан — автомобильная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть пологого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.кн-Ан — автомобильная дорога на насыпи, расположенная в нижней части крутого склона вне оползня;

- IV.R2/R3.пн-Ан — автомобильная дорога на насыпи, расположенная в нижней части пологого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.кв-Ав — автомобильная дорога в выемке, расположенная в верхней части крутого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.пв-Ав — автомобильная дорога в выемке, расположенная в верхней части пологого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.кс-Ав — автомобильная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть крутого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.пс-Ав — автомобильная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть пологого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.кн-Ав — автомобильная дорога в выемке, расположенная в нижней части крутого склона вне оползня;

- IV.R2/R3.пн-Ав — автомобильная дорога в выемке, расположенная в нижней части пологого склона вне оползня.

Для четвертой категории риска: IV.R4-A — автомобильная дорога, пересекающая склон вне оползня.

Для таких литотехнических систем при проектировании инженерной защиты необходимо учитывать, что в верховом и низовом откосах дорог могут произойти деформации. Основные возникающие осложнения в технической подсистеме — это деформации обочин насыпей, деформации покрытия в виде локальных проседаний, смещений или выпоров, деформации дорожных одежд, надвиги грунта на проезжую часть [3, 13].

Деформации обочин насыпей проявляются в форме их локальных проседаний и характеризуются увеличенным поперечным уклоном обочин, значительным уменьшением их ширины, а также повреждением и разрушением ограждающих конструкций. Деформированная в результате проседания часть обочины отделена, как правило, от устойчивой части земляного полотна системой серповидных трещин различной степени раскрытия и одним или несколькими уступами [12]. Деформациям обочин обычно предшествуют более серьезные деформации земляного полотна, захватывающие конструкции дорожных одежд. При сооружении земляного полотна в глубоких выемках нарушение общей устойчивости их откосов приводит или к выпору грунта на обочинах и взбугриванию и разрушению покрытий, или к надвику и завалу грунтом проезжей части дороги.

При проектировании противооползневой инженерной защиты применительно к рассмотренным выше типам ЛТС (I-A, II-A, III-A, IV-A) и их подтипам необходимо будет учитывать следующее:

- наибольшее количество опасных случаев приходится на оползневые участки, образовавшиеся в первую очередь из-за перегрузки природных склонов от действия веса насыпи, а также из-за неудовлетворительной работы системы водоотводных сооружений и подрезки природных склонов [3];
- технологические и природные нагрузки по своей природе являются статическими и динамическими; важен учет величин возможных нагрузок, в том числе от всех искусственных объектов [2, 17];
- влияние автомобильных дорог заключается в передаче на грунты динамических нагрузок (вибраций от автотранспорта), незначительных статических нагрузок, а также в нарушении естественной влажности грунтов, нарушении естественного дренажа и подпруживании стекающих вод (см. рис. 1);
- создание выемки влечет за собой разгрузку напряжений, изменение температурно-влажностного режима грунтов, активизацию их выветривания;
- возведение насыпи повышает вес сооружения, что, соответственно, увеличивает передачу сжимающих нагрузок на грунты;
- важен учет мощности насыпи или выемки при выборе той или иной противооползневой конструкции;

- если автомобильная дорога проложена в головной части оползня либо в верхней части крутого или пологого склона вне оползня, то возникновение смещений возможно в низовом откосе дороги; если автомобильная дорога проложена в центральной части оползня либо в центральной части крутого или пологого склона вне оползня, то смещения могут возникнуть как в низовом, так и в верховом откосе дороги; если дорога проложена в языковой части оползня либо в нижней части крутого или пологого склона вне оползня, то появление смещений возможно в верховом откосе дороги;
- сейсмичность территории (до 11 баллов по шкале MSK-64) является одновременно и фактором оползнеобразования, и фактором активизации существующих оползней, а также воздействует на все сооружения, в том числе на инженерную защиту¹;
- механизм развития деформаций, длина, ширина, мощность выделенных типовых оползней, уклоны поверхности оползневых склонов, литологический состав оползневых отложений и связанные с ним физические и физико-механические свойства грунтов, факторы оползнеобразования и гидрогеологические условия в пределах типовых оползней необходимо учитывать при расчетах потенциального оползневого давления на защитные конструкции.

Особенности ЛТС, относящихся к железной дороге

Строительство совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» было начато в 2009 году. В эксплуатацию она была сдана в 2013 году. Эта магистраль обеспечивала доставку зрителей и участников соревнований на спортивные объекты Красной Поляны и Имеретинской низменности.

Общая схема структуры ЛТС (типов I-Ж, II-Ж, III-Ж, IV-Ж) железной дороги с зоной влияния, распространяющейся на оползни, показана на рис. 4.

Рассмотрим особенности основных типов и подтипов ЛТС, выделенных на базе указанного транспортного объекта, согласно таблице.

1. ЛТС железной дороги с зоной влияния, распространяющейся на срезающий блоковый оползень либо блоковый оползень соскальзывания (тип I-Ж). Среди таких ЛТС выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска:

- I.R2/R3.с-Жн — железная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;
- I.R2/R3.я-Жн — железная дорога на насыпи, расположенная в языковой части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания (рис. 5);
- I.R2/R3.с-Жв — железная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;

¹ При проведении работ по сейсмическому микрорайонированию территории г. Большой Сочи была сделана попытка установить по экспериментальным материалам зависимость оползневой активности от землетрясений [25]. Были сопоставлены данные режимных наблюдений за оползневыми деформациями на территории г. Большой Сочи за 15 лет и результаты непрерывной регистрации землетрясений сейсмологической станции «Сочи» за те же 15 лет. По графику распределения сейсмической и оползневой активности по годам было установлено, что при слабых землетрясениях (до 9-го класса) связи между сейсмической и оползневой активностью не наблюдается. Начиная с 9-го класса просматривается усиление оползневой активности спустя некоторое время после землетрясения.

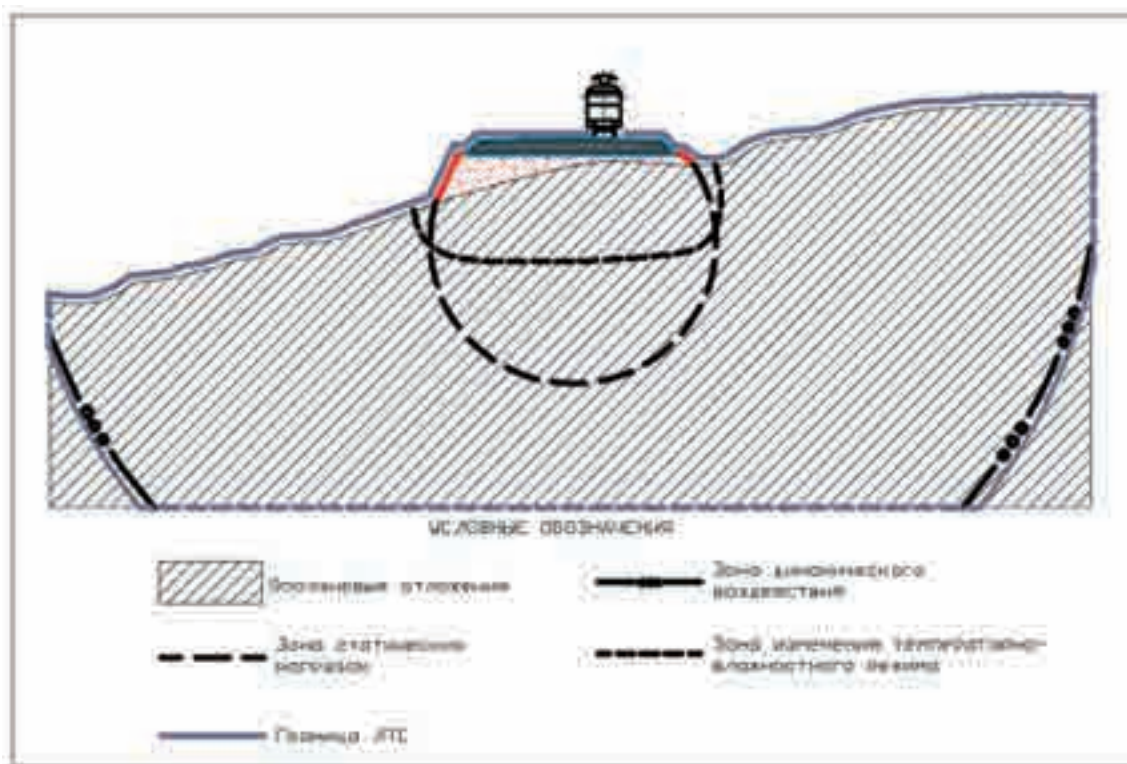


Рис. 4. Общая схема структуры ЛТС (типов I-Ж, II-Ж, III-Ж, IV-Ж) железной дороги с зоной влияния, распространяющейся на оползень

- I.R2/R3.я-Жв — железная дорога в выемке, расположенная в языковой части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания.

Для четвертой категории риска: I.R4-Ж — железная дорога, расположенная на блоковом оползне.

Характер механизма развития деформаций грунтов, слагающих срезающие блоковые оползни и блоковые оползни соскальзывания, может привести к оказанию значительного бокового давления на все сооружения в пределах полосы отвода железной дороги, деформированию и смещению дороги, возникновению трещин растяжения, наплыву оползневых масс на дорогу. Это важно учитывать при проектировании противооползневой инженерной защиты.

2. ЛТС железной дороги с зоной влияния, распространяющейся на вязкопластический оползень (тип II-Ж). Среди этих ЛТС выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска:

- II.R2/R3.с-Жн — железная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть вязкопластического оползня;
- II.R2/R3.я-Жн — железная дорога на насыпи, расположенная в языковой части вязкопластического оползня;
- II.R2/R3.с-Жв — железная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть вязкопластического оползня;
- II.R2/R3.я-Жв — железная дорога в выемке, расположенная в языковой части вязкопластического оползня.

Для четвертой категории риска: II.R4-Ж — железная дорога, пересекающая вязкопластический оползень.

При активизации указанного типа оползней разжиженные грунтовые массы в виде вязкопластического потока, как правило, сплывают на земляное полотно же-



Рис. 5. Железная дорога Адлер — Красная Поляна на насыпи, расположенная в языковой части блокового оползня (ЛТС типа I-Ж)

лезной дороги, что важно принимать во внимание при проектировании защитных сооружений.

3. ЛТС железной дороги с зоной влияния, распространяющейся на комбинированный оползень (тип III-Ж). Среди этих литотехнических систем выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска:

- III.R2/R3.с-Жн — железная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть комбинированного оползня;
- III.R2/R3.я-Жн — железная дорога на насыпи, расположенная в языковой части комбинированного оползня;
- III.R2/R3.с-Жв — железная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть комбинированного оползня;
- III.R2/R3.я-Жв — железная дорога в выемке, расположенная в языковой части комбинированного оползня.

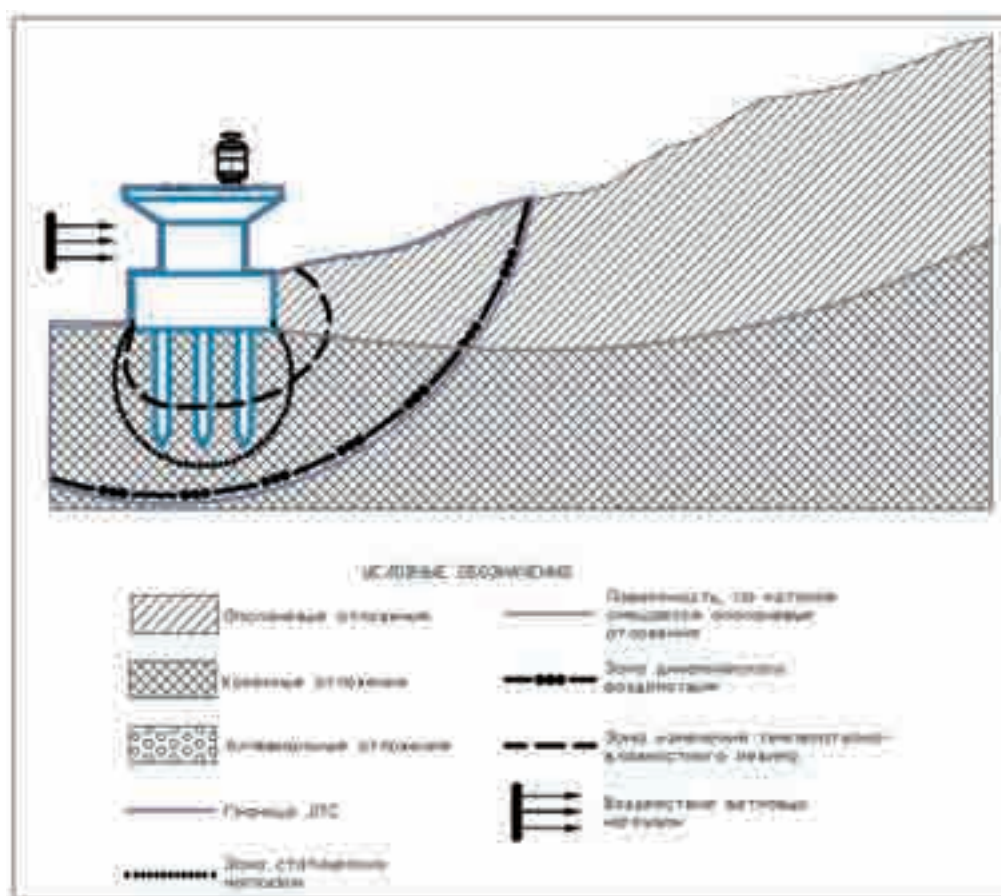


Рис. 6. Общая схема структуры ЛТС (типов I-Э, II-Э, III-Э) опоры эстакады с зоной влияния, распространяющейся на оползень

Для четвертой категории риска: III.R4-Ж — железная дорога, пересекающая комбинированный оползень.

Учет расположения трассы железной дороги относительно комбинированного оползня важен при обосновании противооползневых мероприятий. Если сооружение располагается в зоне развития блокового оползня, то в случае активизации оползня будет оказано значительное боковое давление на все сооружения в пределах полосы отвода железной дороги, произойдут деформирование и смещение земляного полотна дороги, образуются трещины растяжения, возникнет наплыв оползневых масс на дорогу. Если сооружение располагается в зоне развития вязкопластического оползня, то в случае активизации оползня разжиженные грунтовые массы в виде вязкопластического потока сплывут на земляное полотно дороги. Если же железная дорога пересекает и блоковый, и вязкопластический оползень, то могут возникнуть все описанные выше воздействия на техническую подсистему.

4. ЛТС железной дороги с зоной влияния, распространяющейся на склон вне оползня (тип IV-Ж). Среди таких ЛТС выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска:

- IV.R2/R3.кс-Жн — железная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть крутого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.пс-Жн — железная дорога на насыпи, пересекающая среднюю часть пологого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.кн-Жн — железная дорога на насыпи, расположенная в нижней части крутого склона вне оползня;

- IV.R2/R3.пн-Жн — железная дорога на насыпи, расположенная в нижней части пологого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.кс-Жв — железная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть крутого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.пс-Жв — железная дорога в выемке, пересекающая среднюю часть пологого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.кн-Жв — железная дорога в выемке, расположенная в нижней части крутого склона вне оползня;
- IV.R2/R3.пн-Жв — железная дорога в выемке, расположенная в нижней части пологого склона вне оползня.

Для четвертой категории риска: IV.R4-Ж — железная дорога, пересекающая склон вне оползня.

Применительно к ЛТС типа IV-Ж возникновение деформаций возможно как в верховом, так и в низовом откосе железной дороги. Поэтому располагать противооползневые сооружения следует в соответствующих областях.

При проектировании противооползневой инженерной защиты применительно к рассмотренным выше типам ЛТС (I-Ж, II-Ж, III-Ж, IV-Ж) и их подтипам необходимо будет учитывать следующее:

- величины технологических и природных нагрузок (статических и динамических);
- влияние железных дорог заключается в передаче на грунты значительных динамических нагрузок (вибраций от движения транспорта), незначительных

статических нагрузок, а также в нарушении естественной влажности грунтов, нарушении естественного дренажа и подпруживании стекающих вод (см. рис. 4);

- создание выемки влечет за собой разгрузку напряжений, изменение температурно-влажностного режима грунтов, активизацию их выветривания;
- возведение насыпи повышает вес сооружения и, соответственно, увеличивает передачу сжимающих нагрузок на грунты;
- учет мощности насыпи либо выемки является одним из приоритетных условий при выборе наиболее рациональной схемы инженерной защиты;
- важным является расположение железной дороги относительно оползневого склона: пересечение трассой центральной части оползня или центральной части крутого либо полого склона вне оползня, как правило, инициирует возникновение смещений как в низовом, так и в верховом откосе дороги; пересечение трассой языковой части оползня или нижней части крутого либо полого склона вне оползня, как правило, инициирует возникновение смещений в верховом откосе дороги (учет этих особенностей важен при обосновании расположения защитных сооружений — либо только в верховом откосе, либо в верховом и низовом откосах);
- исследуемая территория отличается высокой сейсмичностью (до 11 баллов по шкале MSK-64), поэтому при расчете устойчивости и оползневого давления необходим учет сейсмичности территории [17];
- расчеты устойчивости оползнеопасных склонов и оползневого давления производятся с учетом геометрических и геоморфологических характеристик, литологического состава, физических и физико-механических свойств, гидрогеологических условий типовых оползней; значимые факторы оползнеобразования применительно к различным типам оползней определяют выбор приоритетных мероприятий из всего их возможного многообразия.

Особенности ЛТС, относящихся к опорам эстакад

При строительстве совмещенной автомобильной и железной дороги Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» было возведено порядка 80 мостов и эстакад общей протяженностью 35 км. Безопасность эксплуатации железнодорожных и автодорожных эстакад может быть достигнута только при условии обеспечения устойчивости опор.

Общая схема структуры ЛТС (типов I-Э, II-Э, III-Э) опоры эстакады с зоной влияния, распространяющейся на оползень, показана на рис. 6.

Рассмотрим особенности основных типов и подтипов ЛТС, выделенных для указанных объектов (см. таблицу), которые необходимо будет учитывать при разработке схем инженерной защиты.

1. ЛТС опоры эстакады с зоной влияния, распространяющейся на срезающий блоковый оползень либо блоковый оползень соскальзывания (тип I-Э). Среди этих ЛТС выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска: I.R2/R3.я-Э — опора эстакады находится в языковой части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания (рис. 7).



Рис. 7. Опоры железнодорожной эстакады, расположенные в языковой части блокового оползня (ЛТС типа I-Э)

Для четвертой категории риска: I.R4-Э — опора эстакады расположена в зоне развития блокового оползня.

Активизация срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания может привести к значительному боковому давлению на опору эстакады, ее деформированию или смещению. При обосновании схемы инженерной защиты важен учет характера потенциальных деформаций.

2. ЛТС опоры эстакады с зоной влияния, распространяющейся на вязкопластический оползень (тип II-Э). Среди таких литотехнических систем выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска: II.R2/R3.я-Э — опора эстакады находится в языковой части вязкопластического оползня.

Для четвертой категории риска: II.R4-Э — опора эстакады расположена в зоне развития вязкопластического оползня.

Воздействие вязкопластических оползней выражается в наплывании на опору и обтекании смещенных грунтов, в результате чего создается значительное боковое давление, которое может привести к смещениям и деформациям опоры эстакады вплоть до ее разрушения. Характер потенциальных деформаций является важным фактором при обосновании инженерной защиты.

3. ЛТС опоры эстакады с зоной влияния, распространяющейся на комбинированный оползень (тип III-Э). Среди этих ЛТС выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска: III.R2/R3.я-Э — опора эстакады находится в языковой части комбинированного оползня.

Для четвертой категории риска: III.R4-Э — опора эстакады расположена в зоне развития комбинированного оползня.

Так как в языковой части комбинированного оползня находится вязкопластический оползень, характер возможных деформаций аналогичен описанному применительно к ЛТС типа II-Э. Это важно учитывать при проектировании защитных мер.

При проектировании противооползневой инженерной защиты применительно к рассмотренным выше типам ЛТС (I-Э, II-Э, III-Э) и их подтипам необходимо будет учитывать следующее:

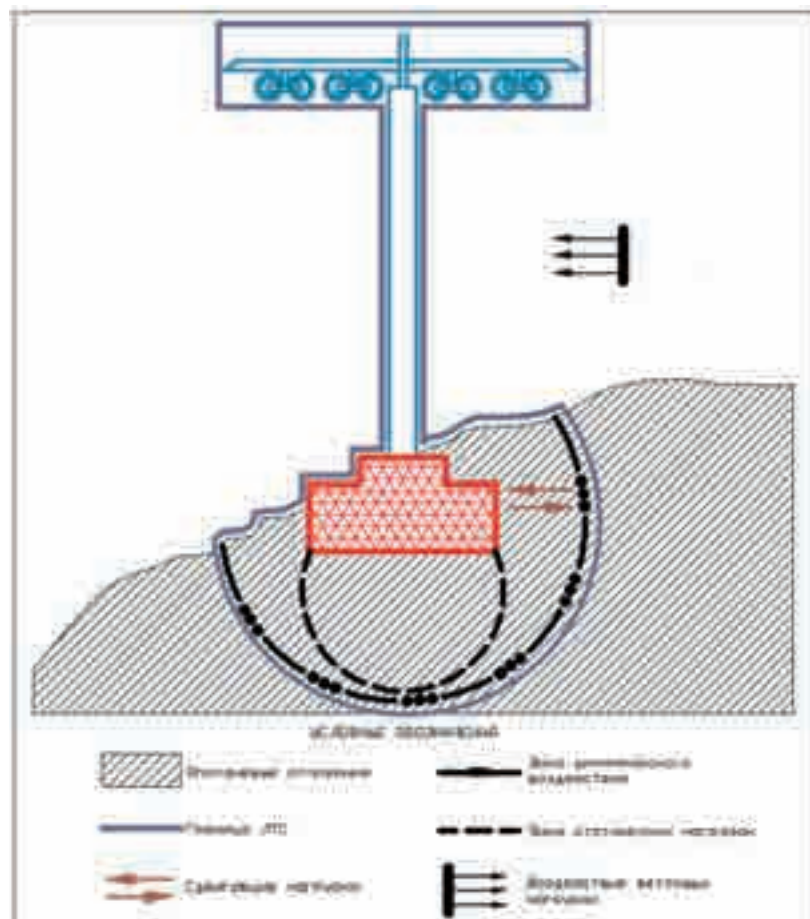


Рис. 8. Схема структуры ЛТС опоры канатной дороги с зоной влияния, распространяющейся на оползень (ЛТС типа I-K)

- величины нагрузок: технологических (влияние автомобильных дорог, проезжающего автотранспорта); природных (давление оползневых масс, давление подземных вод и т.д.);
- принципиальное отличие инженерной защиты для точечных и линейных объектов; в данном случае нет необходимости стабилизировать весь оползневый массив — достаточно создать обтекаемые защитные сооружения либо укрепить фундамент защищаемого сооружения [7];
- конструкция подземной части защищаемой технической подсистемы оказывает заметное влияние на удерживающую конструкцию [7], в частности элементом инженерной защиты может быть свайное основание;
- на грунты воздействуют сжимающие нагрузки в основном за счет веса всех конструкций сооружения (пролетных строений, собственно опор, дорожного покрытия и т.д.), веса проезжающих автомобилей или поездов, а также динамические нагрузки от проезжающего транспорта (см. рис. 6);
- важно учитывать сейсмичность территории, которая являлась фактором активизации сейсмогенных оползней в прошлом; конструкции инженерной защиты должны рассчитываться с учетом дополнительных нагрузок от возможных землетрясений;
- при расчетах коэффициента устойчивости и оползневого давления должны учитываться длина, ширина и уклоны оползневых склонов, мощность отложений, литологический состав оползней и связанные с ним

значения физико-механических и физических свойств, факторы оползнеобразования, гидрогеологические условия (эти факторы являются определяющими при обосновании схемы противооползневой защиты).

Особенности ЛТС, относящихся к опорам канатных дорог

На Красной Поляне находится четыре горнолыжных комплекса — «Роза Хутор», «Горная Карусель», «Альпика-Сервис» и «ОАО Газпром». К ним и между ними были построены канатные дороги кресельного и гондольного типа, а также типа 3S. Канатная дорога 3S протяженностью более 5 км соединяет два крупных комплекса — лыжно-биатлонный стадион на хребте Псехако и транспортный хаб (узел) «Альпика-Сервис», включающий конечную станцию железной дороги и нижнюю станцию горнолыжного курорта «Альпика-Сервис». Кабина канатной дороги 3S рассчитана на перевозку 30 человек одновременно. Пропускная способность такой дороги — 3 000 человек в час в каждом направлении.

Одной из важнейших задач при возведении канатных дорог является обеспечение устойчивости их опор.

Общая схема структуры ЛТС опоры канатной дороги с зоной влияния, распространяющейся на оползень (типа I-K), показана на рис. 8.

Рассмотрим выделенные тип и подтипы литотехнических систем применительно к опорам канатных дорог (необходимо отметить, что опоры канатной дороги 3S не учитывались при типизации ЛТС).

ЛТС опоры канатной дороги с зоной влияния, распространяющейся на срезающий блоковый оползень либо блоковый оползень соскальзывания (тип I-K). Среди литотехнических систем этого типа выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска:

- I.R2/R3.г-K — опора канатной дороги, расположенная в головной части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;
- I.R2/R3.с-K — опора канатной дороги, расположенная в средней части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;
- I.R2/R3.я-K — опора канатной дороги, расположенная в языковой части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания (рис. 9).

Для четвертой категории риска: IV.R4-K — опора канатной дороги, расположенная в зоне развития блокового оползня.

При проектировании противооползневой инженерной защиты применительно к типу ЛТС I-K и его подтипам необходимо будет учитывать следующее:

- указанный механизм развития деформаций грунтов может привести к разрушению либо смещению опор канатных дорог;
- нет необходимости стабилизировать весь оползневый массив — достаточно обеспечить устойчивость опор за счет сооружения обтекаемых противооползневых конструкций либо за счет усиления фундамента [7];
- возможны природные и техногенные нагрузки на противооползневые сооружения;
- грунтовое основание испытывает, во-первых, сжимающие нагрузки за счет веса конструкций опор, канатов, кабин и т.д.; во-вторых, в связи с ветровыми нагрузками и значительной высотой опор и соответственно возникающим моментом силы создаются сдвигающие нагрузки на грунты (см. рис. 8);
- важно расположение опор канатной дороги относительно оползневого склона: если инженерное сооружение проектируется в головной части оползня, то возникновение смещений возможно гипсометрически ниже этого строительного объекта; если в центральной части — смещения могут возникнуть гипсометрически как ниже, так и выше объекта; если в языковой части — смещения могут произойти гипсометрически выше сооружения;
- конструкция подземной части опор канатной дороги может также служить и инженерной противооползневой защитой данного объекта [7] (например, свайное основание защищаемого технологического компонента вполне может рассматриваться как часть противооползневой защиты, в том числе за счет снижения нагрузок на неглубокие части геологической составляющей ЛТС);
- сейсмичность территории создает дополнительные нагрузки на ЛТС;
- инженерно-геологическая характеристика блоковых оползней (срезающих и соскальзывающих): характер деформаций — сдвиг с блоковым смещением оползня по вогнутой плоской поверхности; типовая мощность оползней — 4–35 м; средний уклон — 15–28°; оползни развиты преимущественно в аргиллитах, глинистых сланцах и мергелях, известняках; водоносные гори-



Рис. 9. Канатная дорога, ведущая к горнолыжному комплексу «Горная Карусель», пересекающая головную, центральную и языковую части блокового оползня (ЛТС типа I-K)

зонты развиты спорадически и т.д. (учет данных величин и особенностей важен при расчете оползневого давления, развиваемого оползневыми массами).

Особенности ЛТС, относящихся к отдельным постройкам

Среди объектов инфраструктуры, возведенных к Олимпийским играм, есть большое количество отдельно стоящих построек — гостиничных и ресторанных комплексов, объектов социально-культурного и бытового назначения. Общая схема структуры ЛТС отдельно стоящей постройки с зоной влияния, распространяющейся на оползень (типа I-3), показана на рис. 10.

Рассмотрим выделенные тип и подтипы литотехнических систем применительно к отдельно стоящим постройкам.

ЛТС отдельно стоящей постройки (жилого или производственного здания либо объекта другого назначения) с зоной влияния, распространяющейся на срезающий блоковый оползень либо блоковый оползень соскальзывания (тип I-3). Среди таких ЛТС выделяются следующие подтипы (см. таблицу).

Для второй и третьей категорий риска:

- I.R2/R3.г-3 — отдельно стоящая постройка, расположенная в выемке в головной части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;
- I.R2/R3.с-3 — отдельно стоящая постройка, расположенная в выемке в средней части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания;
- I.R2/R3.я-3 — отдельно стоящая постройка, расположенная в выемке в языковой части срезающего блокового оползня либо блокового оползня соскальзывания.

Для четвертой категории риска: IV.R4-3 — отдельно стоящая постройка, расположенная в зоне развития блокового оползня.

При проектировании противооползневой инженерной защиты применительно к типу ЛТС I-3 и его подтипам необходимо будет принять во внимание следующее:

- указанный механизм развития деформаций грунтов может привести к оказанию значительного бокового

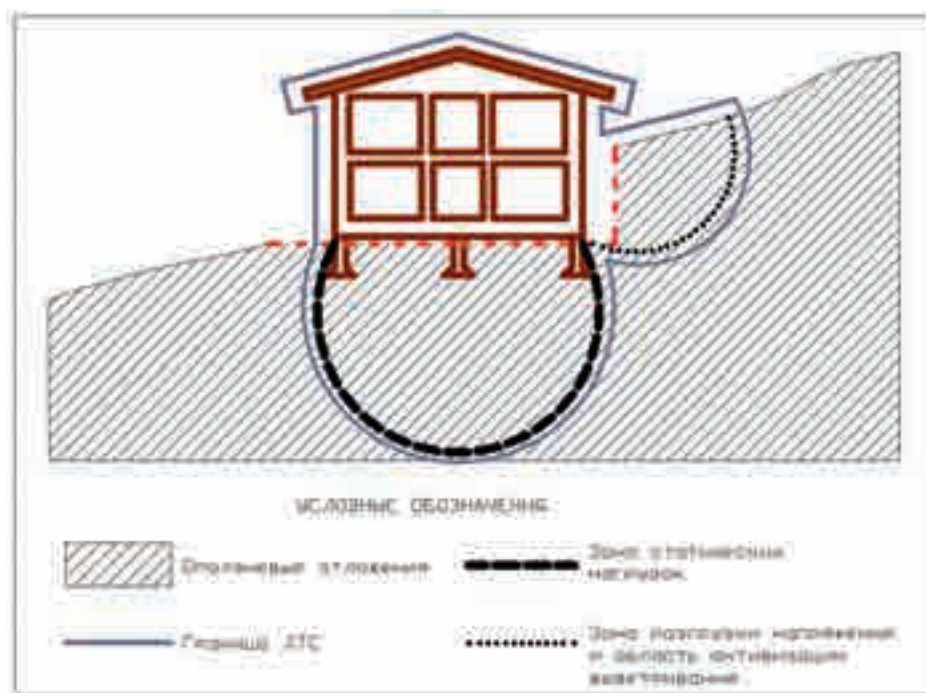


Рис. 10. Общая схема структуры ЛТС отдельно стоящей постройки с зоной влияния, распространяющейся на оползень (типа I-3)

давления на отдельное сооружение, деформированию и смещению сооружения, возникновению трещин растяжения, появлению неравномерных осадок зданий;

- важен учет возможных технологических и природных нагрузок на инженерную защиту;
- данный вид технической подсистемы оказывает значительные сжимающие нагрузки на грунты (см. рис. 10);
- разработка котлована влечет за собой разгрузку напряжений, изменение температурно-влажностного режима грунтов, активизацию их выветривания (см. рис. 10);
- важен учет мощности производимой выемки;
- важен учет расположения постройки относительно оползневого склона: если сооружение проектируется в головной части оползня, то возникновение смещений возможно гипсометрически ниже этого строительного объекта; если в средней части — смещения могут произойти гипсометрически как ниже, так и выше сооружения; если в языковой части — смещения могут возникнуть гипсометрически выше сооружения;
- дополнительные динамические нагрузки на геологическую и техническую подсистемы, в том числе на конструкции противооползневой инженерной защиты, возможны при повышении сейсмической активности;
- данные об инженерно-геологических особенностях блоковых оползней, рассмотренные применительно к ЛТС типа I-K, являются входной информацией для основных расчетов, определяющих схемы противооползневых сооружений.

Таким образом, для последующего обоснования типовых схем противооползневой защиты необходимо будет учитывать установленные характеристики и особенности выделенных ЛТС.

Выводы

1. Для района исследований выполнена типизация ЛТС, расположенных на оползнеопасных склонах, с целью дальнейшего обоснования типовых схем их инженерной защиты. Всего выделено 13 типов ЛТС и 114 их подтипов.

2. Выявлены основные особенности геологических подсистем рассмотренных ЛТС, которые необходимо учитывать при обосновании инженерной защиты: величины оказываемых природных нагрузок (статических и динамических); геометрические (длина, ширина, высота) и геоморфологические (уклон) характеристики; масштабность процесса (объем оползня); литологический состав оползня; особенности физических и физико-механических свойств грунтов; факторы оползнеобразования; гидрогеологические условия; характер потенциально возможных деформаций технической подсистемы; категория оползневого риска.

2. Установлены главные особенности технических подсистем рассмотренных ЛТС, которые также необходимо учитывать при обосновании инженерной защиты: значимость защищаемого сооружения; его конструктивные и эксплуатационные характеристики; соотношение размера зоны влияния инженерного сооружения и характерного размера оползневого массива; расположение сооружения относительно оползневого массива; способ возведения строительного объекта (на насыпи, в выемке, без рельефопреобразующих работ); мощность выемки/насыпи; величины оказываемых технологических нагрузок (статических и динамических); характер распределения границ зоны влияния на геологическую подсистему; точки приложения и направления воздействий; конструкция подземной части технической подсистемы.

3. На базе выделенных типов ЛТС далее можно обоснованно разработать наиболее эффективные типовые схемы противооползневой инженерной защиты, что является предметом следующего этапа исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярз Л.А. Инженерная геодинамика. М.: КДУ, 2007. 439 с.
2. Деревенец Ф.Н., Маций С.И. Оценка устойчивости склонов и оползневых давлений. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2011. 140 с.
3. Добров Э.М. Обеспечение устойчивости склонов и откосов в дорожном строительстве с учетом ползучести грунтов. М.: Транспорт, 1975. 216 с.
4. Королев В.А. Инженерная защита территорий и сооружений. М.: КДУ, 2013. 470 с.
5. Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем. М.: КДУ, 2007. 416 с.
6. Королев В.А., Николаева С.К. Геоэкологическая оценка зон влияния инженерных сооружений на геологическую среду // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 1994. № 5. С. 25–37.
7. Маций С.И. Противооползневая защита. Краснодар: АлВи-дизайн, 2010. 288 с.
8. Маций С.И., Безуглова Е.В. Оползневая опасность и риск смещений грунтов на склонах // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2007. № 6. С. 537–546.
9. Маций С.И., Безуглова Е.В. Оползневые участки требуют внимания // Дороги Евразии. 2012. № 5. С. 30–31.
10. Маций С.И., Безуглова Е.В. Управление оползневой опасностью. Краснодар: АлВи-дизайн, 2010. 239 с.
11. Маций С.И., Безуглова Е.В., Ещенко О.Ю. Выбор типа фундаментов опор линий электропередачи на оползневых склонах // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2010. № 6. С. 25–27.
12. Маций С.И., Лейер Д.В., Безуглова Е.В. Инженерная защита автомобильной дороги в Туапсинском районе на км 56+680 в условиях чрезвычайной ситуации // Инженерные подходы к решению геотехнических задач: сборник научных трудов, посвященный 80-летию К.Ш. Шадунца. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2013. С. 160–164.
13. Маций С.И., Сергиенко Е.А., Лейер Д.В., Безуглова Е.В. Исследование устойчивости армированных насыпей // Инженерные подходы к решению геотехнических задач: сборник научных трудов, посвященный 80-летию К.Ш. Шадунца. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2013. С. 156–159.
14. Минина М.В., Королев В.А. О типизации опасных оползневых процессов в долине р. Мзымта с целью обоснования инженерной защиты // Современные проблемы инженерной геодинамики: материалы Юбилейной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Г.С. Золотарева. М.: Изд-во Московского университета, 2014. С. 98–102.
15. Минина М.В., Королев В.А. Районирование территории на основе оценки оползневого потенциала с целью обоснования системы инженерной противооползневой защиты // Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий: материалы годичной сессии Научного совета РАН (14-е Сергеевские чтения). М.: ГЕОС, 2012. Вып. 14. С. 124–128.
16. Минина М.В., Королев В.А. Типизация оползней долины реки Мзымта с целью обоснования инженерной защиты // Инженерная геология. 2015. № 2. С. 28–40.
17. ОДМ 218.2.006-2010. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения. М.: ООО «ГеоПроект», 2010. 114 с.
18. ОДМ 218.2.033-2013. Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог. М.: ООО «НТЦ ГеоПроект», 2013. 105 с.
19. Постоев Г.П. Классификация оползней по механизму нарушения равновесия массива пород // Изучение режима экзогенных геологических процессов в районах интенсивного хозяйственного освоения. М.: Изд-во ВСЕГИНГЕО, 1988. С. 52–64.
20. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям на оползневых склонах Северного Кавказа с целью их хозяйственного освоения. М.: Стройиздат, 1984. 45 с.
21. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов. М.: Стройиздат, 1983. 68 с.
22. Рзаева М.К., Тихвинский О.К. О требованиях к изысканиям, проводимым для оценки устойчивости оползневых склонов // Проблемы грунтоведения и инженерной геодинамики. М.: Изд-во ПНИИИС, 1971. Т. 7. С. 210–219.
23. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть 2. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М.: Госстрой России, 2000.
24. Трофимов В.Т., Королев В.А., Герасимова А.С. Классификация техногенных воздействий на геологическую среду // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 1995. № 5. С. 96–107.
25. Шадунц К.Ш. Оценка степени риска в строительстве. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2004. 68 с.
26. Шахунянц Г.М., Нечаев Б.И., Клевцов И.А., Пащенко Б.В. Опыт борьбы с оползнями на железных дорогах СССР. М.: Трансжелдориздат, 1961. 184 с.