

УДК 69.035.2

UDC 69.035.2

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ
ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СОЧИ****FEATURES OF NUMERICAL MODELLING
OF LANDSLIDE PROCESSES ON THE
EXAMPLE OF THE CITY OF SOCHI**

Лейер Дарья Валерьевна
доцент
РИНЦ SPIN-код=1970-9816
dasha_leyer@mail.ru
Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия

Leyer Darya Valerievna
docent
RSCI SPIN-code=1970-9816
dasha_leyer@mail.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar,
Russia

Развитие инфраструктуры г. Сочи как горноклиматического курорта потребовало увеличения транспортных путей сообщения и освоения сложных для строительства территорий. Строительные работы охватывают территории Кудепстинского и Адлерского районов, а также Красную Поляну. Основными проблемами при проектировании в районе Большого Сочи являются оползневые и обвальные процессы, а также высокая сейсмичность территорий. Кроме того, возросшие техногенные нагрузки на многих участках привели к активизации экзогенные процессы. При непредвиденных активизациях оползневых процессов требуется в кратчайшие сроки разрабатывать мероприятия по усилению существующих сооружений или строительству новых защитных конструкций. Однако, существуют проблемы моделирования оползневой ситуации. На примере строительства подпорных припортальных сооружений железнодорожного тоннеля в районе г. Сочи рассмотрено моделирование оползневых процессов на основе натуральных наблюдений (мониторинга), а также описаны мероприятия по стабилизации склоновых процессов

Development of infrastructure of Sochi as mountain resort has demanded increase in transport means of communication and development of territories, difficult for construction. Construction works cover territories of the Kudepsta and Adler districts and also Krasnaya Polyana. The main problems at design near Greater Sochi are landslides and landslide processes and also high seismicity of territories. Besides, the increased technogenic loadings on many sites have led exogenous processes to activation. At unforeseen activation of landslide processes it is required to develop actions for strengthening of the existing constructions or construction of new protective designs in the shortest possible time. However, there are problems of modeling of a landslide situation. On the example of construction retaining at the portal constructions of a railway tunnel near Sochi modeling of landslide processes on the basis of natural observations (monitoring) is considered and also actions for stabilization of slope processes are described

Ключевые слова: ОПОЛЗНЕВОЙ СКЛОН,
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ЧРЕЗВЫЧАЙНАЯ СИТУАЦИЯ, СВАЙНОЕ
СООРУЖЕНИЕ

Keywords: LANDSLIDE SLOPE, NUMERICAL
MODELLING, EMERGENCY SITUATION, PILE
CONSTRUCTION

Doi: 10.21515/1990-4665-134-016

АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Чрезвычайная ситуация сложилась на строительной площадке участка железной дороги «Адлер – Аэропорт» (рис. 1). В период выполнения строительного-монтажных работ по устройству защитного припортального сооружения на свайном основании у западного портала железнодорожного тоннеля, произошла активизация оползневых

смещений грунта. В результате планировочных работ после подрезки нижней части склона было отмечено смещение строящейся удерживающей подпорной стены, и перемещение ее секций в верхней части друг относительно друга на 24 см (рис. 2). Сложившаяся ситуация создавала прямую угрозу безопасности дальнейшего проведения строительно-монтажных работ, а также нормальному режиму эксплуатации железной дороги и нижерасположенных сооружений.



Рисунок 1 – Участок строительства
железнодорожной линии «Адлер – Аэропорт»

Для стабилизации склона выполнен ряд дополнительных исследований, которые помогли выявить причину развития чрезвычайной ситуации и разработать мероприятия усиления существующих и строящихся подпорных стен [19]. В число исследований входит следующее:

- проанализированы данные архивных инженерных изысканий;
- разработана программа мониторинга, проведены дополнительные геологические и геофизические исследования [19];
- установлена сеть геодезического и геотехнического оборудования, работающая в едином комплексе;

- разработаны и проанализированы расчетные модели оползневого склона с учетом существующих деформаций подпорных стен.



Рисунок 2 – Перемещение секций удерживающей подпорной стены на 24 см

При сопоставлении дополнительных (новых) результатов исследований инженерно-геологических условий и имеющихся данных изысканий выявлены значительные отличия в установленной глубине поверхности скольжения оползня, положения уровня грунтовых вод (УГВ), а также векторе смещения грунтов (табл. 1). Некачественное или недостаточное выполнение инженерно-геологических изысканий часто приводит к развитию аварийных ситуаций [1-2, 4-7, 9-10], особенно при строительстве на оползневых склонах.

Таблица 1 – Сопоставление результатов изысканий и мониторинга

Параметры	Существующие данные инженерных изысканий	Дополнительные инженерно-геологических изыскания
Глубина буровых или инклинометрических скважин, м	15	40
Глубина поверхности скольжения, м	13	20–26
УГВ, м	Спорадический	26
Направление движения оползня	Не определено	Определен вектор оползневого смещения

Анализ полученных и имеющихся данных позволил установить особенности инженерно-геологических условий на строительной площадке и причины развития оползневых деформаций. Выявлено следующее:

- в-основном, залегают сильнотрещиноватые, сильновыветрелые аргиллиты очень низкой прочности;
- имеются системы трещин напластования и тектонических трещин;
- обнаружены разуплотнения в структуре массива;
- отмечены участки застоя поверхностных вод, зоны обводненности грунта и наличие межпластовых вод.

Таким образом, в пределах исследуемой территории активно развиты неблагоприятные экзогенные и эндогенные процессы. Сложность условий площадки строительства и необходимость восстановления железнодорожного сообщения потребовала незамедлительного проведения инженерно-технических мероприятий, таких как выполнение расчетов прочности защитных конструкций и устойчивости склона, моделирование поведения склона с учетом различных моделей грунтов при различных инженерно-геологических условиях, разработка программы долгосрочного мониторинга.

Расчеты прочности конструкций и устойчивости склона выполнены в конечно-элементном программном комплексе *Plaxis*. Оценка прочности произведена при следующих условиях:

- при выполнении расчетов учитывалось изменение рельефа склона с учетом поэтапного возведения в процессе строительства сооружений;
- УГВ принят максимальным прогнозным, в соответствии с результатами дополнительных инженерно-геологических изысканий и мониторинга [18];
- прочностные характеристики грунтов приняты по данным дополнительных инженерно-геологических изысканий [18].

При выполнении серий расчетов устойчивости склона и прочности конструкций выявлено, что результаты, в большинстве случаев, не соответствуют фактической ситуации. Так, полученные коэффициенты устойчивости склона, K_y , на активных оползневых очагах имели величины, большие единицы, а расчетные перемещения защитных конструкций не соответствовали данным натурных наблюдений. Основная причина несоответствия результатов расчетов сложившимся условиям связана с тем, что расчетные значения прочностных характеристик грунтов, могут отличаться от реальных величин в области поверхности скольжения. Для уточнения характеристик грунтов потребовалось выполнение «обратных» расчетов устойчивости склона [18, 11], в которых прочностные (сдвиговые) характеристики грунтов должны подбираться до достижения результатов, соответствующих фактическому состоянию. «Обратные» расчеты позволили выполнить дальнейшее моделирование состояния склона.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И НАТУРНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ (МОНИТОРИНГ)

На площадках ВОХР у западного портала тоннеля №2 выполнено бурение шести инклинометрических скважин глубиной до 40 м под установку обсадных колонн инклинометров. Инклинометрические скважины позволяют определить отклонение обсадной трубы от начального положения, что дает возможность определить величину, вектор и скорость смещения грунтов.

Опрос скважин выполнялся по графику работ. В таблице 2 приведены наблюдаемые параметры, а также состав и количество установленного геотехнического и геодезического оборудования, периодичность наблюдений.



Рисунок 3 – Инклинометрическая скважина И2-3

Таблица 2 – Наблюдаемые параметры, тип установленного геотехнического оборудования и его количество

Наблюдаемые параметры	Применяемое оборудование	Количество оборудования	Периодичность наблюдений
Горизонтальные подвижки грунта	Вертикальный инклинометр	5 скв. глубиной 40 м, 1 скв. глубиной 30 м	2 раза в месяц
Высотное и плановое положение сооружений	Геодезическая марка	11 штук, установлены на подпорной стене	различна

Инженерно-геофизические изыскания выполнялись с целью определения зон обводненности, разуплотненности, трещиноватости, выделения уровня грунтовых вод, границ залегания геологических слоев, обнаружения поверхностей скольжения.

При постановке методики для проведения сейсморазведочных работ на участке учитывались факторы поверхностных условий, глубины исследования, геологического, гидрологического и тектонического строения, расположение зданий и сооружений. При проведении электроразведочных работ на участке применялся метод вертикального электрического зондирования установкой Шлюмберже (симметричная

установка АМNB). В таблице 3 приведены виды и объемы проведенных геофизических работ.

Инженерно-геофизические изыскания были проведены методами:

– сейсморазведки: КМПВ (корреляционный метод преломленных волн с использованием преломленных и преломлено-рефракгированных) волн для детального изучения верхней части разреза. Методика КМПВ позволяет расчленить верхнюю часть разреза до 20–35 м и провести более подробный анализ скоростного разреза;

– электроразведки: ВЭЗ (вертикальное электрическое зондирование) – метод изучения геоэлектрического разреза по кривым зависимости кажущегося электрического сопротивления от расстояния между питающими и приемными электродами установки, используется для изучения геоэлектрического разреза на глубину. Метод ВЭЗ применяется для выделения зон повышенной трещиноватости и увлажненности, что позволяет выявлять отдельные особенности оползневого процесса и прогнозировать его дальнейшее развитие; ЕП (естественного поля) – основан на измерении локальных естественных электрических полей электрокинетической и электрохимической природы, используется для исследований участков интенсивной фильтрации вод. Метод ЕП выполняется в методике потенциала с шагом 2,0 м.

Проведенные электроразведочные исследования и полученные по ним данные по прилегающим к площадке территории, включая сами площадки, полностью подтверждаются выполненными сейсморазведочными исследованиями. Также все данные полученные по геофизическим данным полностью коррелируются с данными геологии, полученными позднее.

В результате анализа материалов инженерно-геологических изысканий, проектных материалов, результатов мониторинга и визуального осмотра выявлено следующее:

- Площадка работ находится на ползнеопасной территории.
- На территории обнаружены застои и скопления воды.
- После строительства припортального низового сооружения возникли перемещения верха стены.
- Зафиксированы смещения грунта на глубине до 20–22 м.
- Выделена зона разуплотненности массива в интервале глубин от 4 до 22 метров от дневной поверхности.
- По данным геодезических наблюдений по припортальному сооружению (низовое) суммарные максимальные перемещения составляют 253 мм. По сооружению площадки ВОХР (верховое) суммарные максимальные перемещения составляют 106 мм.

Таблица 3 – Виды и объемы проведенных геофизических работ

Виды работ	Количество физических наблюдений / длина профилей, м
Сейсморазведка КМПВ в условиях V категории сложности при возбуждении колебаний ударами тампера	140/552
Электроразведка/ Вертикальное электрическое зондирование с поверхности земли V категории сложности. Длина установки от 100 до 250 м	130
Электроразведка метод естественного электрического поля. Шаг наблюдений 2 м	132/264

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЕВОЙ СИТУАЦИИ

Моделирование оползневого склона с учетом существующих деформаций выполнено с помощью программного комплекса *Plaxis* с применением различных моделей грунта: *Mohr-Coulomb* и *Linear Elastic*.

Использование других моделей грунта не рассматривалось, в связи с отсутствием необходимых для их использования данных изысканий. Рассмотрены три расчетные модели склона, представленные ниже. Выбор эффективных мероприятий по усилению подпорных стен и обеспечению устойчивости склона производился на основе разработанной системы действий (рис. 4).

Расчетная модель № 1 (рис. 5). Выполняется моделирование перемещение верха припортального сооружения на величину 24 см. Оползневые грунты (элювиально-оползневые и делювиальные) описаны моделью *Mohr-Coulomb* с использованием прочностных свойств, полученных «обратными» расчетами; грунт основания описан моделью *Linear Elastic* (скальный грунт).

В результате получено следующее: при перемещениях верха сооружения в 24 см изгибающие моменты, возникающие в припортальном сооружении, превышают допустимые величины. В этом случае произошло бы разрушение конструкции. Так как в период исследований трещин на теле конструкции не обнаружено, можно предположить наличие равномерных перемещений, начиная с пяты сваи до верха. В данной расчетной модели устойчивость склона обеспечена ($K_y=1,180$), что не соответствует оползневому давлению, при котором развились бы фактические перемещения [11-12, 8, 17-18]. Следовательно, расчетная модель не соответствует фактическому состоянию.

Расчетная модель № 2 (рис. 6). Грунт основания описывается моделью *Mohr-Coulomb*, как и оползневой грунт, при этом прочностные показатели подбирались «обратными» расчетами.

В результате получено следующее: при достижении перемещений, превышающих 24 см, изгибающие моменты в сваях не достигают предельных величин, то есть свайное сооружение перемещается равномерно, при этом расчетная поверхность скольжения проходит ниже

концов свай. При визуальном осмотре склона не выявлен выпор грунта в основании сооружения, что говорит о том, что предполагаемая поверхность скольжения упирается в низовое сооружение. Такая модель не подтверждает гипотезу о расположении поверхности скольжения ниже концов свай. В данной расчетной модели устойчивость склона не отражает реальной ситуации.



Рисунок 4 – Блок-схема расчета устойчивости склона

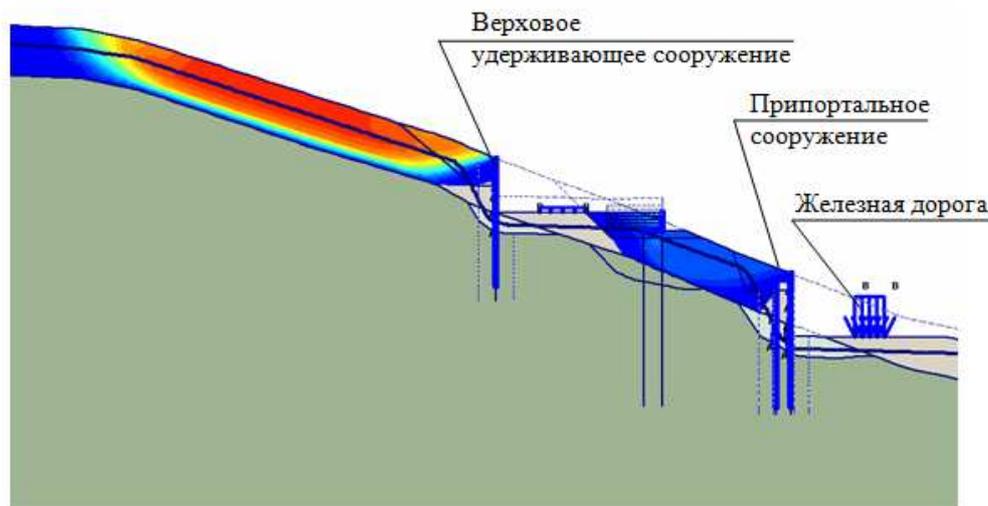


Рисунок 5 – Расчетная модель № 1: разрез склона с припортальным сооружением и прогнозной поверхностью скольжения

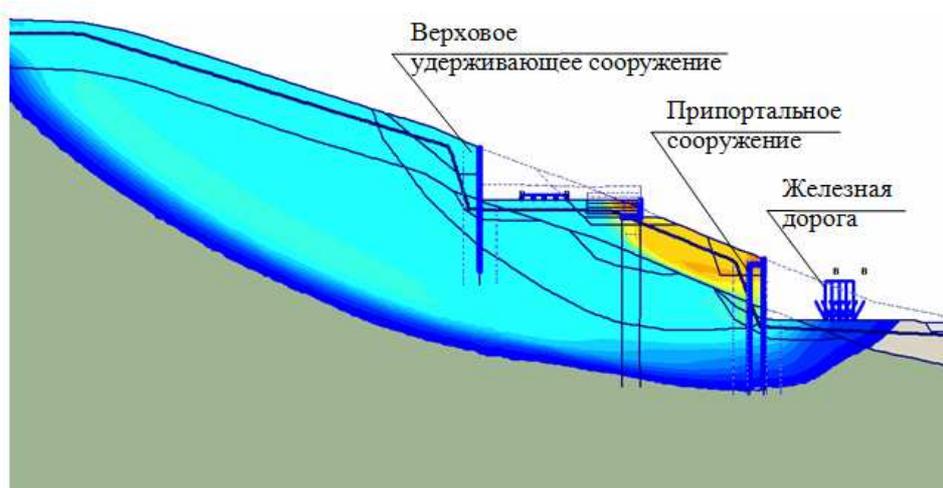


Рисунок 6 – Расчетная модель № 2: разрез склона с припортальным сооружением и прогнозной поверхностью скольжения

Расчетная модель №3 (рис. 7). Состояние склона моделируется с использованием функции *interface* (моделирование заданной поверхности скольжения) при расположении прогнозной поверхности скольжения на глубине около 20 м. Оползневые грунты и зона поверхности скольжения описываются моделью *Mohr-Coulomb* с использованием прочностных свойств, полученных «обратными» расчетами; грунт основания описан моделью *Linear Elastic* (скальный грунт).

Получено следующее: прогнозная поверхность скольжения проходит в трещиноватых аргиллитах на глубине около 20 м, устойчивость склона не обеспечена ($K_y=1,047$). Полученные расчетные перемещения припортального сооружения подтверждаются фактическими данными.

Анализ результатов трех расчетных моделей (гипотез) показал целесообразность использования третьей расчетной модели для дальнейшего проектирования конструкций усиления припортального сооружения. Выбор правильной модели позволил получить целесообразные параметры конструкций инженерной защиты (устройство анкеров и железобетонных упорных ростверков) и обеспечить безопасную эксплуатацию линии железной дороги «Адлер – Аэропорт».

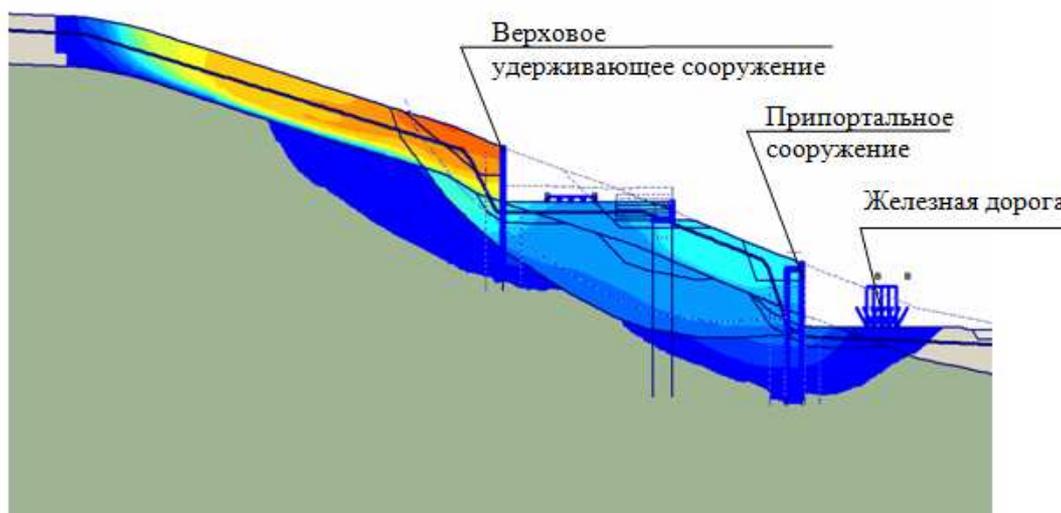


Рисунок 7 – Расчетная модель № 3: разрез склона с припортальным сооружением и прогнозной поверхностью скольжения

В период строительства запроектированных сооружений инженерной защиты по расчетной модели № 3, выполнялся геотехнический мониторинг – наблюдение за реперами на существующем сооружении. На рисунке 8 представлен фактический график развития деформаций припортального сооружения после выполнения усиливающих мероприятий [3, 9-10, 13-16]. Очевидно, что после устройства укрепительных мероприятий состояние склона стабилизировалось.

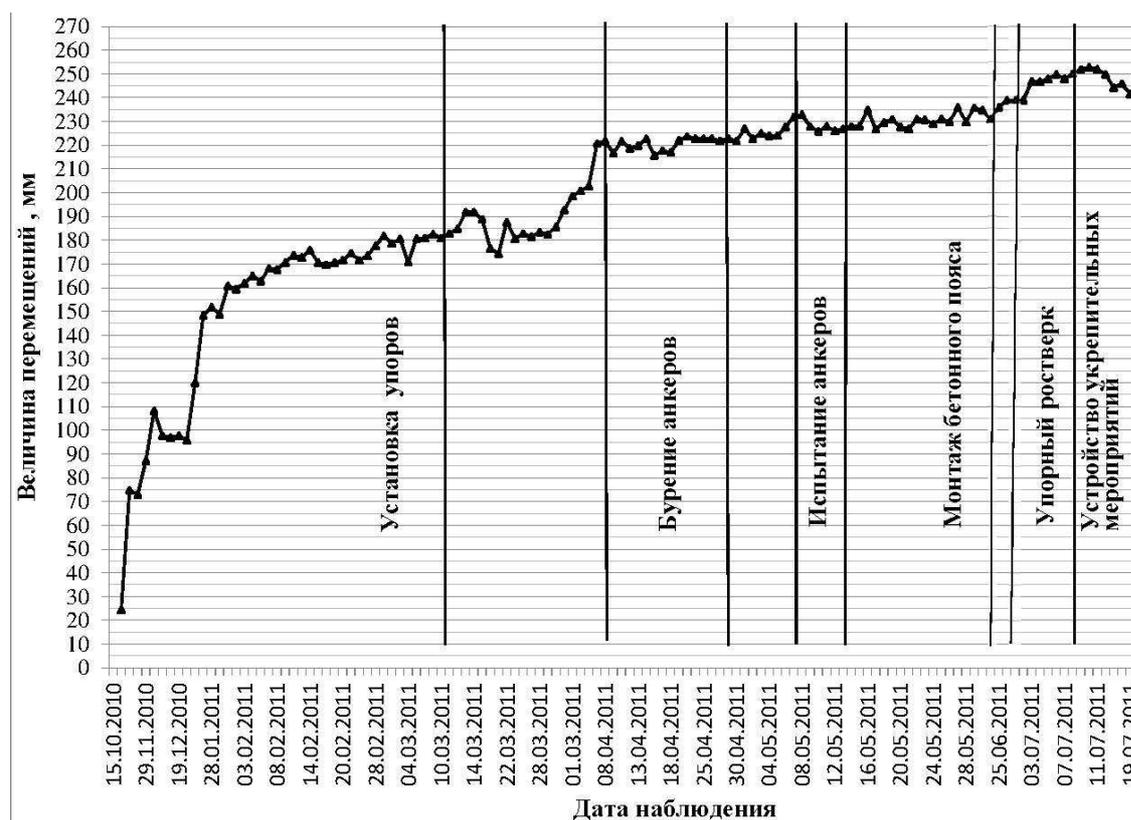


Рисунок 8 – График развития деформаций существующего сооружения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование оползневой ситуации на основе различных гипотез позволило разработать эффективные конструкции инженерной защиты, обеспечивающие безопасную эксплуатацию оползневого участка железной дороги «Адлер – Аэропорт». Выполнение дополнительных инженерно-геологических и геофизических изысканий, численное моделирование оползневой ситуации, а также комплексный геотехнический мониторинг позволили своевременно выявить тенденцию развития деформаций конструкций и выполнить мероприятия усиления на аварийном участке в кратчайшие сроки (рис. 8).



Рисунок 9 – Железнодорожный тоннель и припортальное сооружение

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов А. Н. Причины активизации оползня на федеральной автомобильной дороге г. Сочи и мероприятия по его стабилизации / Богомолов А. Н. [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2012. - № 29 (48). - С. 6-14.
2. Богомолов А. Н. Стабилизация оползня на участке строительства железной дороги в г. Сочи/ Богомолов А. Н. [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2012. - № 29 (48). - С. 15-25.
3. Коломиец М. С. Применение анкерных свай в противооползневых сооружениях / М. С. Коломиец, С. И. Маций, А. К. Рябухин. // Научное обеспечение агропромышленного комплекса 2012. -2012. -С. 399-400.
4. Лейер Д. В. Оптимизация методики расчета защитного сооружения на свайном основании, «обтекаемого» оползневыми глинистыми грунтами / Д. В. Лейер // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №05(119). – IDA [article ID]: 1191605083. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/83.pdf>, 1,063 у.п.л.
5. Лейер Д. В. Инженерная защита опор эстакад на оползневых склонах города Сочи (Краснодарский край) / Д. В. Лейер // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7. № 3. С. 127-143.
6. Лесной В. А. Практика проведения геотехнического мониторинга при строительстве автодорожных тоннелей «Дублера Курортного проспекта» в г. Сочи / В. А. Лесной, С. И. Маций, Д. В. Лейер, А. О. Конева, А. К. Рябухин, Л. К. Рябухин, М. С. Ткачева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2016. - № 120. - С. 449-465.
7. Ляшенко П.А., Шмидт О.А., Гохаев Д. В., Исследование на модели развития

осадки буронабивной сваи // Научный журнал КубГАУ (Электронный ресурс), 2013, № 90 (06).

8. Маслов, Н. Н. Механика грунтов в практике строительства / Н. Н. Маслов // М. : Стройиздат. – 1977. – 320[12] с. ; 20 см. – Библиогр.: с. 312-318.

9. Маций С. И. Мониторинг и моделирование оползневых процессов на примере города Сочи / С.И. Маций, Д. В. Лейер, Е. В. Безуглова // Строительство и архитектура. - 2013. - Т. 1. № 1. - С. 54-61.

10. Маций, С. И. Свайно-анкерные противооползневые конструкции / С. И. Маций, А. К. Рябухин. – Краснодар : КубГАУ. – 2017. – 189 с. – ISBN 978-5-00097-369-1.

11. ОДМ 218.2.006-2010. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог. – М., 2011.

12. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов / ПНИИС Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984.

13. Рябухин А.К., Маций С. И., Безуглова Е.В. Исследование диапазона допустимых горизонтальных перемещений буронабивных свай противооползневых сооружений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2013. - № 41. - С. 160-163.

14. Лейер Д.В. Взаимодействие свайных фундаментов защитных сооружений опор эстакад с глинистыми грунтами на оползневых склонах: автореф. дис. ... канд. технич. наук / Д. В. Лейер. – Краснодар, 2016.

15. Лейер Д. В. Взаимодействие свайных фундаментов защитных сооружений опор эстакад с глинистыми грунтами на оползневых склонах //Диссертация кандидата технических наук: 05.23.02. Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина. - Краснодар. -2016.

16. Рябухин А.К., Маций С.И., Безуглова Е.В. Исследование диапазона допустимых горизонтальных перемещений буронабивных свай противооползневых сооружений // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2013. - № 31-2 (50). - С. 279-283.

17. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия / Взамен СНиП 2.01.07-85* // М. : ФГУП ЦПП. – 2010.

18. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. – М., 2003.

19. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям на объекте «Организация железнодорожного сообщения Сочи – Адлер – аэропорт «Сочи» со строительством новой железнодорожной линии Адлер-аэропорт. Противооползневые мероприятия /Арх. № ИИ-2474/ ООО «СочиТисизПроект». – 2009.

References

1. Bogomolov A. N. Prichiny aktivizacii opolznja na federal'noj avtomobil'noj doroge g. Sochi i meroprijatija po ego stabilizacii / Bogomolov A. N. [i dr.] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2012. - № 29 (48). - S. 6-14.

2. Bogomolov A. N. Stabilizacija opolznja na uchastke stroitel'stva zheleznoj dorogi v g. Sochi/ Bogomolov A. N. [i dr.] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2012. - № 29 (48). - S. 15-25.

3. Kolomic M. S. Primenenie ankernyh svaj v protivopolznevnyh sooruzhenijah / M. S. Kolomic, S. I. Macij, A. K. Rjabuhin. // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa 2012. -2012. -S. 399-400.

4. Lejer D. V. Optimizacija metodiki rascheta zashhitnogo sooruzhenija na svajnom osnovanii, «obtekaemogo» opolznevymi glinistymi gruntami / D. V. Lejer // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №05(119). – IDA [article ID]: 1191605083. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/83.pdf>, 1,063 u.p.1.

5. Lejer D. V. Inzhenernaja zashhita opor jestakad na opolznevych sklonah goroda Sochi (Krasnodarskij kraj) / D. V. Lejer // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. 2016. T. 7. № 3. S. 127-143.

6. Lesnoj V. A. Praktika provedenija geotehnicheskogo monitoringa pri stroitel'stve avtodorozhnyh tonnelej «Dublera Kurortnogo prospekta» v g. Sochi / V. A. Lesnoj, S. I. Macij, D. V. Lejer, A. O. Koneva, A. K. Rjabuhin, L. K. Rjabuhin, M. S. Tkacheva // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2016. - № 120. - S. 449-465.

7. Ljashenko P.A., Shmidt O.A., Gohaev D. V., Issledovanie na modeli razvitiya osadki buronabivnoj svai // Nauchnyj zhurnal KubGAU (Elektronnyj resurs), 2013, № 90 (06).

8. Maslov, N. N. Mehanika gruntov v praktike stroitel'stva / N. N. Maslov // M. : Strojizdat. – 1977. – 320[12] s. ; 20 sm. – Bibliogr.: s. 312-318.

9. Macij S. I. Monitoring i modelirovanie opolznevych processov na primere goroda Sochi / S.I. Macij, D. V. Lejer, E. V. Bezuglova // Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - T. 1. № 1. - S. 54-61.

10. Macij, S. I. Svajno-ankernye protivopolznevye konstrukcii / S. I. Macij, A. K. Rjabuhin. – Krasnodar : KubGAU. – 2017. – 189 s. – ISBN 978-5-00097-369-1.

11. ODM 218.2.006-2010. Rekomendacii po raschetu ustojchivosti opolzneopasnyh sklonov (otkosov) i opredeleniju opolznevych davlenij na inzhenernye sooruzhenija avtomobil'nyh dorog. – M., 2011.

12. Rekomendacii po kolichestvennoj ocenke ustojchivosti opolznevych sklonov / PNIIS Gosstroja SSSR. – M.: Strojizdat, 1984.

13. Rjabuhin A.K., Macij S. I., Bezuglova E.V. Issledovanie diapazona dopustimyh gorizont'al'nyh peremeshhenij buronabivnyh svaj protivopolznevych sooruzhenij // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2013. - № 41. - S. 160-163.

14. Lejer D.V. Vzaimodejstvie svajnyh fundamentov zashhitnyh sooruzhenij opor jestakad s glinistymi gruntami na opolznevych sklonah: avtoref. dis. ... kand. tehnič. nauk / D. V. Lejer. – Krasnodar, 2016.

15. Lejer D. V. Vzaimodejstvie svajnyh fundamentov zashhitnyh sooruzhenij opor jestakad s glinistymi gruntami na opolznevych sklonah //Dissertacija kandidata tehničeskikh nauk: 05.23.02. Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I. T. Trubilina. - Krasnodar. -2016.

16. Rjabuhin A.K., Macij S.I., Bezuglova E.V. Issledovanie diapazona dopustimyh gorizont'al'nyh peremeshhenij buronabivnyh svaj protivopolznevych sooruzhenij // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - № 31-2 (50). - S. 279-283.

17. SP 20.13330.2011. Nagruzki i vozdejstvija / Vzamen SNIp 2.01.07-85* // M. : FGUP CPP. – 2010.

18. SP 11-105-97. Inzhenerno-geologičeskie izyskanija dlja stroitel'stva. – M., 2003.

19. Tehničeskij otchet po inzhenerno-geologičeskim izyskanijam na ob#ekte «Organizacija zheleznodorozhnogo soobshhenija Sochi – Adler – ajeroport «Sochi» so stroitel'stvom novoj zheleznodorozhnoj linii Adler-ajeroport. Protivoopolznevye meroprijatija /Arh. № II-2474/ ООО «SochiTisizProekt». – 2009.