**ВЕСТНИК ПНИПУ.
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
Т. 8, № 4, 2017
PNRPU BULLETIN.
CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**
<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>

DOI: 10.15593/2224-9826/2017.4.02

УДК 69.035.2

ЗАЩИТНЫЕ СВАЙНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ОПОР ЭСТАКАД, «ОБТЕКАЕМЫЕ» ГРУНТОМ ОПОЛЗНЕЙ

С.И. Маций, Д.В. Лейер, А.К. Рябухин

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 05 июля 2017
Принята: 22 августа 2017
Опубликована: 15 декабря 2017

Ключевые слова:

защитное сооружение, оползень, свайное основание, численный эксперимент, глинистый грунт, опоры эстакад, фундамент

АННОТАЦИЯ

Оползневые процессы широко распространены в горной местности. Их активизация приводит к существенным ежегодным убыткам, угрожает безопасной эксплуатации зданий и сооружений, здоровью и жизни людей, нарушает транспортное сообщение между городами. Однако при подготовке к Олимпийским играм в г. Сочи появилась необходимость устройства автомобильных и железных дорог на оползневых склонах в эстакадном варианте. Мероприятия активной защиты фундаментов опор эстакад (линейные сооружения, полностью перекрывающие оползень) в данной ситуации нерациональны и экономически не оправданы. В связи с этим рассмотрена возможность устройства локальных сооружений, перенаправляющих вектор смещения грунтов, а не полностью стабилизирующих склон («обтекаемых»).

Для разработки эффективных и надежных защитных конструкций было проведено исследование взаимодействия отдельно стоящих «обтекаемых» сооружений на свайном основании с глинистыми грунтами оползней. В ходе работы были проанализированы области развития пластических деформаций грунтового массива, вплоть до разрушения структуры грунта. Исследование проводилось как для линейных «обтекаемых» сооружений, так и для сооружений, расположенных «клином» (под углом). Получены зависимости предельного давления обтекания от прочностных характеристик грунта и диаметра свай, а также определены давления, приходящиеся на каждую сваю в ряду.

По результатам проведенных исследований разработаны методика расчета и рекомендации для проектирования защитных свайных сооружений, «обтекаемых» глинистыми грунтами оползней. Полученные результаты были использованы при строительстве ответственных объектов Краснодарского края, а также были отражены в отраслевых дорожных документах ОДМ 218.2.033–2013 и ОДМ 218.2.050–2015.

© ПНИПУ

© **Маций Сергей Иосифович** – профессор, доктор технических наук, e-mail: matsiy@mail.ru.

Лейер Дарья Валерьевна – кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail: dasha_leyer@mail.ru.

Рябухин Александр Константинович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: ryabukhin@geoproekt.net.

Sergei I. Matsii – Professor, Doctor of Technical Sciences, e-mail: matsiy@mail.ru.

Dar'ia V. Leier – Ph.D. in Technical Sciences, Senior Lecturer, e-mail: dasha_leyer@mail.ru.

Aleksandr K. Riabukhin – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: ryabukhin@geoproekt.net.

PROTECTIVE PILE CONSTRUCTIONS OF TRESTLE SUPPORTS “STREAMLINED” BY SOIL OF LANDSLIDES

S.I. Matsii, D.V. Leier, A.K. Riabukhin

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 05 July 2017
Accepted: 22 August 2017
Published: 15 December 2017

Keywords:

protective structure, landslide, pile foundation, numerical experiment, clayey soil, trestle supports, foundation

ABSTRACT

Landslide processes are widespread in the highlands. Activation of landslides leads to significant annual losses, threatens the safe operation of buildings and structures, the health and lives of people, violates transport links between cities. However, in preparation for the Olympic Games in the city of Sochi, there was a need for the construction of roads and railways on landslide slopes in the overpass. Measures of active protection of the foundations of trestle supports (linear structures completely overlapping a landslide) in this situation are not rational and economically unjustified. In this connection, the possibility of constructing local structures redirecting the displacement vector of soils and not completely stabilizing the slope (“streamlined”) is considered.

To develop effective and reliable protective structures, a study was made of the interaction of separately standing “streamlined” structures on the pile foundation with clayey lands of landslides. In the course of the work, the areas of development of plastic deformations of the soil mass up to the destruction of the soil structure. The study was carried out both for linear “streamlined” structures, and for structures located “with a wedge” (at an angle). The dependencies of the limiting flow pressure on the strength characteristics of the soil and the diameter of the piles are obtained, and also the pressures per each pile in the row are determined.

Based on the results of the studies, a calculation methodology and recommendations for the design of protective pile structures, which are “streamlined” by clayey soils of landslides, have been developed. The obtained results were used in the construction of critical facilities of the Krasnodar territory, and were also reflected in the branch road documents ODM 218.2.033–2013 and ODM 218.2.050–2015.

© PNRPU

Введение

Проблемам развития оползневых смещений, обеспечения устойчивости откосов и склонов посвящены труды многих отечественных и зарубежных ученых. Однако в настоящий момент механизм взаимодействия грунта оползней с конструкциями для локальной защиты объектов исследован недостаточно. При изучении нормативных источников выявлено, что в основном рекомендуется полная стабилизация склона с помощью мероприятий активной защиты, хотя могут быть выполнены и мероприятия пассивной защиты [1]. Однако подробных указаний и методик по проектированию свайных сооружений, «обтекаемых» оползнем, в нормативной литературе нет. Кроме этого, был выполнен анализ существующих методик Гинзбурга [2], Мация [3–6] и других ученых [7–11] по проектированию свайных сооружений с учетом условия непродавливания грунта в межсвайное пространство. Выявлено, что данные методики характерны только для свайных сооружений, полностью перекрывающих оползень. Методики расчета давления «обтекания» отдельно стоящих целостных объектов представлены в работах Билеуша [7], Недри [12] и Шадунца [13], в которых не учитывается взаимодействие свайных элементов с грунтом оползней. Надежность и безопасность линейных противооползневых сооружений при защите отдельно стоящих объектов обеспечиваются принятием высоких коэффициентов запаса, что приводит к значительному снижению их экономической эффективности.

1. Расчетная схема численных экспериментов исследований

Для эффективной защиты опор эстакад от деформаций, а также рационального расположения свайных элементов защитного сооружения проведен ряд исследований. Исследование рационального расположения свайных элементов, а также определение расстояний

до границ расчетной схемы приведены в работах [3, 14]. Оптимизированная согласно источникам [15, 16] расчетная схема «обтекаемого» сооружения, расположенного «клином» (углом) относительно вектора смещения грунта, включает в себя следующие параметры (рис. 1): диаметр свай $D = 1,0$ м; шаг свай в ряду $2,0 \leq L \leq 6,0$ м; угол встречи $30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$.

Рис. 1. Оптимизированная расчетная схема задачи «обтекания» свайного сооружения грунтом оползней при расположении «клином»
Fig. 1. The optimized settlement scheme of a problem of “flow” of a pile construction soil of landslides at an arrangement “wedge”

Моделирование взаимодействия глинистых грунтов как наиболее распространенных в районе строительства (район Большого Сочи) с защитным сооружением реализовано методом конечных элементов с помощью программного комплекса Plaxis. Нагружение в каждом численном эксперименте проводилось пошагово (ступенями) до образования пластического разрушения грунтового тела и дальнейшего его течения грунта. Разрушение грунта могло происходить как в результате процесса продавливания грунта между сваями, так и при «обтекании» (при условии достаточной несущей способности грунтового тела между свайными элементами). Характеристики грунтов приняты согласно данным региональных изысканий Северного Кавказа [17].

2. Влияние конфигурации ряда свай на формирование зон пластических деформаций

Для проектирования равномерно нагруженного свайного защитного сооружения, работающего в условиях «обтекания» с целью обеспечения максимальной эффективности свайно-грунтовой системы, проведен анализ распределения давления, приходящегося на каждую сваю из трех при различном шаге элементов и выдвигке H средней сваи, что показано на рис. 2. Развитие пластических деформаций при изменении величины выдвигки H средней сваи (из трех) представлено на рис. 3. Исследование развития пластических деформаций при шаге свай $L = 2,0D-4,5D$ (между осями) показало следующее [15, 16]:

1. При угле встречи $\alpha = 90^\circ$ оползневое давление практически равномерно воспринимают все сваи. При этом развиваются пластические деформации в виде «лепестков» на краях сооружения, что говорит о развитии процесса «обтекания» смещающимися грунтами.

Рис. 2. Распределение оползневого давления, приходящегося на каждую свая из трех в зависимости от угла встречи α : а – при $L/D = 2,0$; б – при $L/D = 3,5$
Fig. 2. Distribution of the landslide pressure having each pile from three depending on a meeting corner α : а – at $L/D = 2,0$; б – at $L/D = 3,5$

Рис. 3. «Пластические точки» Кулона–Мора (красные) и растяжения (черные). Стадия образования пластических деформаций грунта и разрушения его структуры.
Шаг свай $L = 3,5D$: а – угол встречи $\alpha = 90^\circ$; б – угол встречи $\alpha = 30^\circ$

Fig. 3. “Plastic points” of the Pendent Mora (red) and stretchings (black).
Stage of formation of plastic deformations of soil and destruction of its structure.

Step of piles of $L = 3,5D$: а – meeting corner $\alpha = 90^\circ$; б – meeting corner $\alpha = 30^\circ$

2. При выдвигке свай в диапазоне $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ перед конструкцией увеличивается зона уплотнения грунта как выше сооружения, так и в стороны от него. Продавливание грунта между сваями отсутствует, а происходит только «обтекание». Зоны пластических деформаций перед каждой сваем смыкаются в общее уплотненное грунтовое ядро. Такой результат показывает, что полезная работа сооружения повысилась за счет увеличения зоны влияния конструкции.

3. При выдвигке свай $30^\circ \leq \alpha < 45^\circ$ происходит неравномерное нагружение сооружения. «Лепестковые» зоны пластических деформаций грунта развиваются перед каждой сваем индивидуально, а также происходит продавливание грунта между сваями. В этом случае максимальную нагрузку воспринимает средняя свая [15, 16].

При шаге свай от $L = 5,0D$ – $6,0D$ наблюдается следующее:

1. Развитие пластических деформаций перед сооружением при различных углах встречи α (от 90 до 30°) наблюдается индивидуальная работа каждой сваем. Происходит продавливание грунта между сваями и «обтекание» по сторонам сооружения одновременно. В этом случае каждая свая работает как отдельно стоящий элемент, т.е. сооружение не ограничивает движение оползневых масс.

2. При редком расположении свай ($L \geq 5,0D$), а также при любом шаге свай с выдвижной средней свай $30^\circ \leq \alpha < 45^\circ$ зоны пластических деформаций разрываются и приобретают локальный характер, преимущественно на фронтальной поверхности свай относительно приложенной оползневой нагрузки. Давление «обтекания» вокруг сооружения сопоставимо с давлением продавливания между сваями, в связи с тем что элементы работают индивидуально [15, 16].

3. Влияние расстановки свай на распределение давления на каждый элемент в ряду

Для проектирования равномерно нагруженного свайного защитного сооружения от оползней, работающего в условиях «обтекания» грунтовыми массами, для обеспечения максимальной эффективности свайно-грунтовой системы в целом был проведен анализ распределения давления, приходящегося на каждую сваю из трех при различных конфигурациях сооружения. Согласно полученным результатам расчетов выявлено следующее [15, 16]:

1. При шаге свай $L = 2,0D-3,5D$ давление от оползневых масс распределяется неравномерно. Средняя свая (из трех) является наиболее загруженной. Характер распределения давления указывает на то, что при увеличении выдвижки H средней свай на угол встречи вектора смещения оползня с осью сооружения $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ разница в давлении, приходящемся на среднюю и крайние сваи, увеличивается на 7–11 %. При изменении угла встречи $30^\circ < \alpha < 45^\circ$ наблюдается уменьшение разницы давления, приходящегося на среднюю и крайние сваи (из трех), на 7–9 %.

2. При шаге свай $L = 3,5D-4,0D$ (см. рис. 2) графики распределения давления на среднюю и крайние сваи пересекаются, что указывает на равномерное распределение давления в сооружении. Согласно результатам расчетов оптимальным углом встречи является $70^\circ < \alpha < 85^\circ$. При уменьшении угла встречи α наблюдается неравномерное нагружение сооружения: средняя свая более загружена по сравнению с крайними. Максимальная разница между давлением на среднюю и крайние сваи приходится на угол встречи $\alpha = 45^\circ$. При этом разница между давлениями изменяется в диапазоне 18–22 %.

3. При шаге свай в ряду $L = 4,5D$ график распределения давления на крайние и среднюю сваи расходится (не пересекается), что говорит о неравномерном нагружении сооружения. Максимальная разница между давлениями на сваи наблюдается при угле встречи $\alpha = 45^\circ$.

4. При шаге свай $L = 5,5D-6,0D$ выявлено пересечение графиков распределения давления. Однако развитие пластических деформаций грунта показало, что каждая свая работает обособленно (как отдельно стоящий элемент). Применять такую расстановку свай при проектировании противооползневых защитных сооружений не рекомендуется [15, 16].

4. Проектирование защитных сооружений на свайном основании, «обтекаемых» глинистыми грунтами оползня

Основными принципами проектирования свайных противооползневых сооружений инженерной защиты отдельно стоящих объектов являются надежность конструкции, максимальная скорость возведения, экономическая эффективность, обеспечение безопасной эксплуатации защищаемого точечного объекта, в частности опор эстакад. Основной проблемой строительства сооружений на оползневых и оползнеопасных территориях является неустойчивость грунтов при изменении уровня грунтовых вод, а также пригрузка склона

строительной техникой. Для защитных конструкций, отклоняющих смещение оползневых масс от объекта, должны быть обеспечены локальная устойчивость склона ниже защитного сооружения, техническая возможность подъезда строительной техники без нарушения устойчивости оползневого склона, прочность проектируемых свайных элементов.

С целью снижения давления «обтекания» защитные сооружения рекомендуется устраивать под углом к вектору смещения оползневых грунтов, или «клином». Согласно результатам проведенных исследований можно сказать, что:

- оптимальный угол встречи вектора смещения оползневых масс с осью сооружения с точки зрения равномерного нагружения всех элементов варьируется в диапазоне $70^\circ \leq \alpha \leq 85^\circ$;
- рекомендуемый угол встречи с точки зрения уменьшения действующего оползневого давления изменяется в пределах $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$;
- не рекомендуется выполнять «клин» с углом встречи $\alpha < 45^\circ$;
- рекомендуется выполнять шаг свай $L = 2,0D - 4,5D$.

Предельное давление «обтекания» $P_{\text{пред}}$ для глинистых пород, согласно проведенным исследованиям, рекомендуется определять по формуле

$$P_{\text{пред}} = 0,347e^{c0,0536} + 4,847e^{c0,06211} \cdot \frac{L}{D},$$

где D – ширина призматической или диаметр круглой сваи, м; L – шаг свайных элементов в ряду, м; e – число Эйлера, равное 2,7183...; c – удельное сцепление грунта, кПа.

Результаты исследований взаимодействия грунта свайных «обтекаемых» сооружений были использованы на ответственных геотехнических объектах Краснодарского края [1, 3, 18], в частности при устройстве мероприятий инженерной защиты опор эстакады № 3 на объекте «Дублер Курортного проспекта». Разработаны проекты и построены как линейные защитные сооружения, так и сооружения, расположенные «клином» (рис. 4). Рекомендации для выполнения расчетов и проектирования получили свое отображение в отраслевых дорожных документах ОДМ 218.2.050–2015 и ОДМ 218.2.033–2013 и представлены в виде блок-схем (рис. 5, 6).

Рис. 4. Защитное «обтекаемое» свайное сооружение, расположенное «клином»
Fig. 4. The protective “streamline” pile construction located “wedge”

Рис. 5. Общая блок-схема для проектирования защитных сооружений на свайном основании, «обтекаемых» грунтом оползня

Fig. 5. The general block diagram for design of the protective constructions on the pile basis which are “flowed round” by landslide soil

Заклучение

При устройстве инженерной защиты автомобильных опор эстакад в г. Сочи потребовалась разработка эффективной методики расчета и проектирования свайных защитных сооружений, «обтекаемых» оползневыми грунтами. Выполненные численные эксперименты, реализованные в программном комплексе Plaxis, позволили определить оптимальные параметры свайных отдельно стоящих сооружений. Предлагаемая методика расчета и проектирования дала возможность разработки конструктивных решений и строительства технико-экономически эффективных сооружений по сравнению с другими методиками.

Рис. 6. Блок-схема расчета свайных защитных сооружений,
«обтекаемых» глинистыми грунтами
Fig. 6. Block diagram of calculation of the pile protective constructions
which are “flowed round” by clay soil

Библиографический список

1. Рябухин А.К., Маций С.И. Исследование диапазона перемещений анкерных свай в инженерно-геологических условиях Сочинского района Краснодарского края // Тр. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 39. – С. 155–159.
2. Гинзбург Л.К. Противооползневые удерживающие конструкции. – М.: Стройиздат, 1979. – 81 с.
3. 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 // Политем. сетевой электрон. науч. журнал Кубан. гос аграр. ун-та. – 2016. – № 120. – С. 449–465.
4. Маций С.И. Исследование взаимодействия глинистых грунтов с противооползневыми сооружениями инженерной защиты опор эстакад [Электронный ресурс] / Д.В. Лейер, С.И. Маций, Е.В. Безуглова, Ф.Н. Деревенец // Наукоедение. – 2014. – Вып. 5 (24). – URL: <http://naukovedenie.ru> (дата обращения: 11.04.2017).
5. Маций С.И., Деревенец Ф.Н. Применение метода конечных элементов для исследования взаимодействия грунтов оползня со сваями // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2005. – № 4. – С. 8–12.

6. Маций С.И. Взаимодействие свайных рядов с грунтом оползней: автореф. дис. – СПб., 1991. – 20 с.
7. Билеуш А.И. Оползни и противооползневые мероприятия. – Киев: Наукова думка, 2009. – 559 с.
8. Причины активизации оползня на федеральной автомобильной дороге г. Сочи и мероприятия по его стабилизации / А.Н. Богомолов [и др.] // Вестник Волгоград. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2012. – № 29 (48). – С. 6–14.
9. Стабилизация оползня на участке строительства железной дороги в г. Сочи / А.Н. Богомолов [и др.] // Вестник Волгоград. гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2012. – № 29 (48). – С. 15–25.
10. Ito T., Matsui T. Methods to estimate lateral force action on stabilizing piles // *Soils and foundations*. – 1975. – Vol. 15, № 4. – P. 43–59.
11. Ito T., Matsui T., Hong W.P. Design method for stabilizing piles against landslide – one row of piles // *Soils and Foundations*. – 1981. – Vol. 21, № 1. – P. 21–37.
12. Недря Г.Д. Фундаменты, обтекаемые оползневыми массами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 1988. – 19 с.
13. Шадунц К. Ш. Оползни-потоки. – М.: Недра, 1983. – 120 с.
14. Маций С.И., Лейер Д.В., Кужель В.Н. Опоры эстакад, обтекаемые оползневыми массами // Материалы V Междунар. конф. по геотехнике. – Волгоград, 2010. – С. 228–234.
15. Лейер Д.В. Оптимизация методики расчета защитного сооружения на свайном основании, «обтекаемого» оползневыми глинистыми грунтами [Электронный ресурс] // Политемат. сетевой электрон. науч. журнал Кубан. гос аграр. ун-та (Научный журнал КубГАУ). – 2016. – № 05 (119). – URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/83.pdf> (дата обращения: 10.04.2017).
16. Лейер Д.В. Инженерная защита опор эстакад на оползневых склонах города Сочи (Краснодарский край) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 3. – С. 127–143.
17. Количественная оценка сложности инженерно-геологических условий Черноморского побережья Кавказа: метод. рекомендации / сост. В.И. Клименко, В.Ф. Безруков. – Сочи, 1978.
18. Рябухин А.К., Маций С.И., Безуглова Е.В. Исследование диапазона допустимых горизонтальных перемещений буронабивных свай противооползневых сооружений // Тр. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2013. – № 41. – С. 160–163.

References

1. Rjabuhin A.K., Matsii S.I. Issledovanie diapazona peremeshhenij ankernyh svaj v inzhenerno-geologicheskikh usloviyah Sochinskogo rajona Krasnodarskogo kraja [Research of the range of movement of the anchor piles in the engineering-geological conditions of Sochi of Krasnodar region]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, no. 39, pp. 155-159.
2. Ginzburg L.K. Protivoopolznevyje uderzhivajushhie konstrukcii [The against landslide holding designs]. Moscow, Strojizdat, 1979, 81 p.
3. Lesnoj V.A. et al. Praktika provedenija geotekhnicheskogo monitoringa pri stroitel'stve avtodorozhnyh tonnelej «Dublera Kurortnogo prospekta» v g. Sochi [Practice of carrying out geotechnical monitoring at construction of road tunnels of "The doubler of Kurortny Avenue" in Sochi]. *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, no. 120, pp. 449-465.
4. Macij S.I., Lejer D.V., Bezuglova E.V., Derevenec F.N. Issledovanie vzaimodejstvija glinistykh gruntov s protivoopolznevyimi sooruzhenijami inzhenernoj zashhity opor jestakad [Re-

search of interaction of clay soil with constructions of engineering protection against landslide of support of platforms]. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»*, 2014, iss. 5 (24). available at: <http://naukovedenie.ru>. – 35KO514.

5. Macij S.I., Derevenec F.N. Primenenie metoda konechnyh jelementov dlja issledovanija vzaimodejstvija gruntov opolznja so svajami [Application of a method of final elements for a research of interaction of soil of a landslide with piles]. *Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov*, 2005, no. 4, pp. 8-12.

6. Macij S.I. Vzaimodejstvie svajnyh rjadov s gruntom opolznei [Interaction of pile ranks with soil of landslides]. Abstract Ph.D. thesis, Saint Petersburg, 1991, 20 p.

7. Bileush A.I. Opolzni i protivopolznevyje meroprijatija [Landslides and actions against landslide]. Kiev, Naukova dumka, 2009, 559 p.

8. Bogomolov A.N. et al. Prichiny aktivizacii opolznja na federal'noj avtomobil'noj doroge g. Sochi i meroprijatija po ego stabilizacii [The reasons of activization of a landslide on the federal highway of Sochi and an action for its stabilization]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*, 2012, no. 29 (48), pp. 6-14.

9. Bogomolov A.N. et al. Stabilizacija opolznja na uchastke stroitel'stva zheleznoj dorogi v g. Sochi [Stabilization of a landslide on the site of construction of the railroad in Sochi]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturnostroitel'nogouniversiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*, 2012, no. 29 (48), pp. 15-25.

10. Ito T., Matsui T. Methods to estimate lateral force action on stabilizing piles. *Soils and Foundations*, 1975, vol. 15, no. 4, pp. 43–59.

11. Ito T., Matsui T., Hong W.P. Design method for stabilizing piles against landslide – one row of piles. *Soils and Foundations*, 1981, vol. 21, no. 1, pp. 21-37.

12. Nedria G.D. Fundamenty, obtekaemye opolznevyymi massami [Foundations, streamlined the landslide masses]. Abstract Ph.D. thesis, Kiev, 1988, 19 c.

13. Shadunc K. Sh. Opolzni-potoki [Landslides-flows]. Moscow, Nedra, 1983, 120 p.

14. Macij S.I., Leier D.V., Kuzhel' V.N. Opory jestakad, obtekaemye opolznevyymi massami [The support of platforms which are flowed round by landslide masses]. *Materialy V mezhdunarodnoj konferencii po geotekhnike*, 2010, pp. 228-234.

15. Leier D.V. Optimizacija metodiki rascheta zashhitnogo sooruzhenija na svajnom osnovanii, «obtekaemogo» opolznevyymi glinistymi gruntami [Optimization of a method of calculation of the protective construction on the pile basis which is "flowed round" by landslide clay soil]. *Politematicheskij setевой elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, no. 05(119), available at: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/83.pdf> (accessed 10 April 2017).

16. Leier D.V. Inzhenernaja zashhita opor jestakad na opolznevyh sklonah goroda Sochi (Krasnodarskij kraj) [Engineering protection of trestle support on landslide slopes of the Sochi city]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*, 2016, vol. 7, no. 3, pp. 127-143.

17. Klimenko V.I., Bezrukov V.F. Kolichestvennaja ocenka slozhnosti inzhenerno-geologicheskikh uslovij Chernomorskogo poberezh'ja Kavkaza [Quantitative assessment of complexity of engineering-geological conditions of the Black Sea coast of the Caucasus]. Sochi, Adlerskaja gidrogeologicheskaja laboratorija PNIIS Gosstroja SSSR, 1978.

18. Riabukhin A.K., Matsii S.I., Bezuglova E.V. Issledovanie diapazona dopustimykh gorizontalnykh peremeshchenii buronabivnykh svai protivopolznevykh sooruzhenii [Research of the range of valid horizontal displacements of bored piles against landslide constructions]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, no. 41, pp. 160-163.