

The XV International Academic Congress

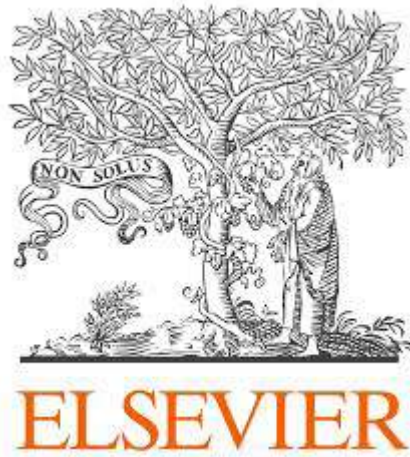
**“Fundamental and Applied
Studies in the Modern World”**



(United Kingdom, Oxford, 06-08 September 2016)

“Oxford University Press”

2016



“Fundamental and Applied Studies in the Modern World”

The XV International Academic Congress

(United Kingdom, Oxford, 06-08 September 2016)

PAPERS AND COMMENTARIES

VOLUME XV

“Oxford University Press”

2016

Pendin V.V.,

Russian State Geological Prospecting

University n. a. Sergo Ordzhonikidze,

Professor, Doctor of Geology and Mineralogy Sciences,

Department of Engineering Geology,

Fomenko I.K.,

Scientific Production Center for Civil Engineering,

Doctor of Geology and Mineralogy Sciences,

Department of Geotechnical Engineering,

Bufeev F.K.,

Russian State Geological Prospecting

University n. a. Sergo Ordzhonikidze,

Postgraduate Student, Department of Engineering Geology,

Sirotkina O.N.,

Moscow State University M. V. Lomonosov,

Ph.D. of Geology and Mineralogy Sciences, Faculty of Geology

***Evaluation of slope stability historical nature-technical
systems on the basis of the spatial variability
of the strength properties of soils***

Пендин В.В.,

Всероссийский государственный геологоразведочный

университет им. Серго Орджоникидзе, профессор,

доктор геолого-минералогических наук, кафедра инженерной геологии,

Фоменко И.К.,

ООО "Научно-производственный центр по инженерным изысканиям",

доктор геолого-минералогических наук,

главный специалист по геотехнике,

Буфеев Ф.К.,

Всероссийский государственный геологоразведочный

университет им. Серго Орджоникидзе,

аспирант кафедры инженерной геологии,

Сириткина О.Н.,

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
кандидат геолого-минералогических наук, геологический факультет*

Оценка устойчивости склонов исторических природно-технических систем на основе задания поля распределения прочностных свойств грунтов

Введение. В инженерной геологии отдельным направлением является изучение исторических территорий. Нельзя рассматривать исторические здания и сооружения отдельно от их грунтового основания, так как сохранность памятника и его безаварийное функционирование зависит от их взаимодействия.

Храмы и монастыри на Руси древние зодчие строили, используя принцип «как мера и красота скажут». Это часто приводило к выбору строительной площадки на возвышенных местах, рядом со склонами. Многие склоны под влиянием изменения природных условий в процессе функционирования исторических территорий стали оползневыми. Поэтому в настоящее время инженеры-геологи часто сталкиваются с необходимостью изучения оползневых процессов, развивающихся в пределах границ исторических природно-технических систем.

Изучение оползневого процесса в пределах исторических природно-технических систем (ИПТС) сопряжено с большими трудностями. Каждый памятник архитектуры является уникальным, такой же неповторимостью отличаются и природные условия каждого из них. Эволюционные преобразования рельефа исторических территорий начались с постройкой первых сооружений. Выразалось это в нивелировании территории и её приспособлении к требованиям хозяйственных нужд. За многовековую историю функционирования ИПТС рельеф поверхности, как правило, изменился очень значительно. А изменение рельефа влечёт за собой изменение количественных и качественных показателей инженерно-геологических процессов.

Е.М. Пашкиным [1], был введён термин «предзаданность», то есть совокупность условий, служащих признаком, предвещающим приближение процессов, реализация которых обусловлена условиями предшествующих событий. Если при новом строительстве есть возможность избежать участков с

активным развитием оползневого процесса, то на ИПТС такая возможность отсутствует, и тем самым повышается значение достоверности прогноза оползневой опасности.

Раскрытие понятия «предзаданность» для оползневых процессов, приуроченных к историческим территориям, может быть дано через определение и эволюцию факторов оползнеобразования, присущих ИПТС. К этим факторам в первую очередь относятся рельеф, геологическое строение, гидрогеологические условия и физико-механические свойства грунтов. Рельеф и геологическое строение верхней части склонов ИПТС определяются новейшей историей развития территории, и связаны с жизнедеятельностью человека, действия которого и приводят к формированию различных слоёв, перекрывающих изначальный, природный рельеф. Техногенные изменения гидрогеологических условий и поверхностного стока может стать причиной переувлажнения зоны контакта между техногенными накоплениями и природными грунтами. В результате, оползневые процессы, развивающиеся в пределах территорий с подобным геологическим строением, чаще всего развиваются по схеме оползней скольжения, или, согласно К. Зарубе и В. Менцлу [2], оползней по предопределённой поверхности. Преопределённая, поверхность скольжения в ИПТС наиболее часто располагается на границе естественных и техногенных грунтов.

В свою очередь, распределение свойств в техногенных грунтах очень неоднородное в силу особенностей их условий формирования, установить которые не всегда возможно. Это делает задачу выделения в пределах толщи техногенных грунтов различных по физико-механическим свойствам слоёв крайне сложной. А склоны, входящие в сферу взаимодействия ИПТС, зачастую сложены многометровыми толщами техногенных грунтов, вследствие чего количественная оценка устойчивости подобных склонов достаточно затруднительна.

Всё вышеперечисленное требует разработки специального подхода к изучению подобных оползневых склонов.

Данная статья посвящена специализированной методике оценки устойчивости склонов, входящих в сферу взаимодействия ИПТС. Эта потребность обусловлена учатившимся развитием оползней вблизи памятников архитектуры. Примерами могут служить оползни в Нижегородском, Смо-

ленском, Можайском кремлях, на северном склоне Воскресенского Ново-Иерусалимского монастыря, западном склоне Саввино-Сторожевского монастыря, южном склоне Боголюбского монастыря, на склонах Спасо-Евфимиева и Васильевского монастырей в Суздале, Печерского монастыря в Нижнем Новгороде.

Общие положения методики расчёта устойчивости склонов ИПТС.

Одним из главных этапов выполнения работ по количественной оценке устойчивости склонов является схематизация при построении математической модели. Такого рода схематизация может быть обобщенной и специальной. Под обобщенной схематизацией, в данном контексте, следует понимать процесс упрощения реального природного объекта, обладающего бесконечной степенью сложности, до концептуальной модели, с одной стороны ограниченной рамками научного познания, а с другой стороны степенью информационной обеспеченности, достигнутой при выполнении инженерно-геологических работ [3]. Специальная схематизация предполагает упрощение концептуальной модели до специализированной (геомеханической) схемы, способной в рамках поставленной задачи сохранить в должной мере адекватность полученной схемы и исходной концептуальной модели, а в конечном итоге – обеспечить с требуемой детальностью описание реального природного объекта. Цель специальной схематизации может быть сформулирована в виде следующего тезиса: максимальное упрощение при минимальной потере адекватности [4].

Одним из основных этапов специальной схематизации является задание модели распределения свойств грунтов в оползневом массиве [5].

При расчётах устойчивости склонов ИПТС, сложенных техногенными грунтами, наибольший интерес представляет возможность применение моделей с использованием пространственной изменчивости свойств грунтов [6,7].

Методика задания пространственной изменчивости свойств заключается в следующем: по известным, фактически определенным величинам свойств грунтов в точках с известными координатами (определёнными в процессе отбора проб) строится поле распределения сцепления и угла внутреннего трения. Для построения поля применяется методы интерполяции, такие как: метод Чага [8], метод Делоне [9], метод обратных взвешенных расстояний (ОВР) [10], метод тонкого сплайна [11]. Далее, традиционными методами

расчета, основанными на предельном равновесии, определяется положение поверхности скольжения и рассчитывается коэффициент устойчивости склона.

На примере южного склона Никольской горы Можайского кремля было произведено сравнение результатов расчётов устойчивости при использовании различных подходов к заданию свойств грунтов в пределах стратиграфо-генетического комплекса (СГК) техногенных накоплений.

Комплекс Можайского кремля располагается в Московской области, в г. Можайске. В апреле 2013 года в нескольких метрах от юго-западного угла Ново-Никольского собора сошёл оползень (рис. 1). По результатам изысканий были определены факторы, критерии и причины оползневого процесса, развивающегося в пределах склона.



Рис. 1. Оползень. Юго-западный угол Ново-Никольского собора

Расчёты производились по оптимизированной поверхности скольжения [12] с использованием следующих моделей распределения свойств грунтов:

- первая модель - коренным грунтам задавались нормативные значения, а техногенным – расчётные значения прочностных свойств грунтов;
- вторая модель - коренным и техногенным грунтам задавались нормативные значения прочностных свойств грунтов;
- третья модель - коренным грунтам задавались нормативные значения, а техногенным – поле распределения прочностных свойств грунтов.

Результаты расчётов сведены в таблицу 1 (в ячейках таблицы приведены следующие данные расчетов: в числителе - значения полученных коэффициентов устойчивости, в знаменателе - значения эквивалентных объёмов потенциального оползневого тела).

Таблица 1.

**Результаты расчетов устойчивости южного склона Никольской горы
Можайского кремля**

Метод расчёта	Модели распределения свойств грунтов	Первая модель	Вторая модель	Третья модель с интерполяцией по различным методам			
				Делоне	Чага	Тонкого сплайна	ОВР
Бишопа		1,23 (99)	1,16 (185)	1,11 (94)	1,08 (101)	1,14 (103)	1,13 (98)
Янбу		1,18 (104)	1,14 (202)	1,09 (97)	1,05 (98)	1,10 (109)	1,10 (99)
Моргенштерна-Прайса		1,27 (90)	1,19 (199)	1,13 (89)	1,10 (99)	1,17 (92)	1,16 (94)

Обсуждение результатов, основные выводы. Анализ результатов расчётов показал, что не всегда при количественной оценке устойчивости склона с использованием расчётных характеристик величины коэффициента устойчивости (K_u) будут ниже, чем при использовании нормативных значений. Таким образом, учитывая фактическое нестабильное состояние склона (см. рис.1), величины K_u полученные по первой модели следует считать завышенными.

В процессе моделирования установлено, что максимальное значение эквивалентного объёма получились при использовании второй модели, что объясняется смещением поверхности скольжения от границы коренных и техногенных грунтов в нижележащие отложения, имеющие более низкие значения прочностных свойств. То есть на положение поверхности скольжения и значение коэффициента устойчивости влияют не только абсолютные

величины прочностных свойств грунтов, но и отношение прочностных свойств техногенных грунтов к ниже залегающим СГК.

По результатам фактического обследования при инженерно-геологических изысканиях было установлено, что сошедший оползень сформировался на границе коренных и техногенных грунтов. При полевом описании керна скважин, контакт техногенных грунтов с нижележащими грунтами естественного генезиса, фиксировался достаточно четко и был представлен зоной с повышенной влажностью. В пределах оползневого цирка выходили коренные породы, а техногенные накопления залежали в подошве сошедшего оползня.

Таким образом, расчет по второй модели, с уходом поверхности скольжения в грунты естественного генезиса, противоречит фактическим данным инженерно-геологического обследования.

Минимальные K_u исследуемого склона получены при использовании третьей модели (когда техногенным грунтам задавалось поле распределения прочностных свойств). При этом, стоит отметить, что потенциальный эквивалентный объем оползневого тела практически одинаков с полученным при расчете по первой модели.

Задание поля пространственной изменчивости прочностных свойств грунтов в пределах стратиграфо-генетического комплекса техногенных накоплений позволяет производить более качественную оценку устойчивости склонов ИПТС.

В дальнейшем, в процессе внедрения описанного подхода в практику расчетов устойчивости склонов, сложенных техногенными грунтами, необходима разработка критериев по обоснованию используемых методов интерполяции прочностных свойств в зависимости от конкретных инженерно-геологических условий ИПТС.

Список литературы:

1. Пашкин Е.М., Каган А.А., Кривоногова Н.Ф. Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии. Москва: КДУ, 2011. – С. 952.
2. Заруба К., Менцл В., Инженерная геология. Москва: Мир, 1979. – С. 470.
3. Зеркаль О.В., Фоменко И.К. Оценка влияния анизотропии свойств грунтов на устойчивость склонов // Инженерные изыскания, №9, 2013, – с. 44-50.

4. Пендин В.В., Фоменко И.К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности. Москва: ЛЕНАНД, 2015. – С. 320.
5. Буфеев Ф.К., Фоменко И.К., Сироткина О.Н. Влияние методов интерполяции прочностных свойств грунтов на результаты расчета устойчивости склонов. // Международный научно-исследовательский журнал, № 4-6 (46), 2016. - с. 127-133.
6. Cho, S. Effects of spatial variability of soil properties on slope stability // Engineering Geology, 92((3–4)), 2007. - p. 97-109.
7. Allan, F.C. Yacoub, T.E. Curran, J.H. 46th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium. Chicago, ARMA, 2012. – pp. 2203-2212.
8. Chugh, A.K. Pore Water Pressure in Natural Slopes // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics /-1981. Vol. 5. - P. 449-454.
9. Делоне Б.Н. О пустоте сферы // Изв.АН СССР, № 4, 1934. – С. 793-800.
10. Shepard, D. A A two dimensional interpolation function for irregularly spaced data // Proc. 23rd Nat. Conf., 1968. - p. 517-524.
11. Franke, Richard Thin plate splines with tension // Computer Aided Geometric Design, № 2, 1985. - p. 87 – 95.
12. Krahn J., 2004. Stability modeling with SLOPE/W. An Engineering Methodology: First Edition, Revision 1. Calgary, Alberta: GEO-SLOPE International Ltd. P. 396.