

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе
(МГРИ)



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ ТОМ 3

*Гидрогеология и инженерная геология
Геоэкология
Строительство систем и сооружений водоснабжения и водоотведения*

**IX Международной научной конференции
молодых ученых
«Молодые - Наукам о Земле»**

*International Scientific Conference of Young Researchers
«The Young - for the Earth Sciences»*

Партнеры конференции:



Металлоинвест



При финансовой поддержке:



ВИМС



Новый Поток

23 Октября 2020 | October, 23, 2020

Москва | Moscow



УДК 082 +[550.8+553](082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

Новые идеи в науках о Земле : в 7 т. Материалы IX Международной научной конференции молодых ученых «Молодые - Наукам о Земле»– М. : Издательство РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2020.

ISBN 978-5-6045456-0-7

Т. 3 : Развитие новых идей и тенденций в науках о Земле: геология, геотектоника, геодинамика, региональная геология, палеонтология / ред. коллегия: В.А. Косьянов, В.Ю. Керимов, В.В. Куликов. - М. : Издательство РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2020. – 370 с.

ISBN 978-5-6045456-3-8

УДК 082 +[550.8+553](082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

ISBN 978-5-6045456-3-8 (т. 3)
ISBN 978-5-6045456-0-7

© РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2020



УЧЕТ СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ И ОТКОСОВ

*Шубина Д.Д. * (МГРИ, ddshubina@gmail.com),
Невечеря В.В. (МГРИ, nevecheryavv@mgri.ru), Фоменко И.К. (МГРИ,
ifolga@gmail.com), Сироткина О.Н. (МГУ, onsirotkina@mail.ru)*

Аннотация

В статье рассмотрены аспекты моделирования и оценки устойчивости склонов и откосов при учете изменения механических свойств грунтов за счет суффозионного выноса частиц. В качестве примера рассмотрен склон в селе Льялово Московской области, на котором парагенезис оползневых и суффозионных процессов представляет опасность для церкви Рождества Пресвятой Богородицы (1800 г.). Статья выполнена в рамках международного проекта IPL 238, посвященного проблемам оценки устойчивости склонов, входящих в сферу взаимодействия исторических природно-технических систем (ИПТС).

Ключевые слова: оползневая опасность; оценка устойчивости склонов; суффозия; культурное наследие; парагенезис экзогенных геологических процессов.

Одним из главных этапов выполнения работ по количественной оценке устойчивости склонов является схематизация при построении математической модели. 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 выражена в виде следующего тезиса: максимальное упрощение при минимальной потере адекватности [4].

При расчётах устойчивости склонов в пределах исторических природно-технических систем (ИПТС) особый интерес представляет учет факторов, предопределяющих возможность оползнеобразования на изучаемом склоне. К таким факторам для ИПТС относят техногенно измененный рельеф, накопление техногенных грунтов, изменение режима поверхностного стока и др. В рамках единой системы эти факторы могут привести к активизации процесса оползнеобразования. При моделировании и оценке устойчивости склонов важно принимать во внимание возможное (прогнозное) изменение факторов оползнеобразования. В частности, подъем уровня грунтовых вод ведет к закономерному снижению коэффициента устойчивости. Также необходимо принимать во внимание возможные факторы, ведущие к снижению прочностных свойств грунтов. В случаях, когда основной деформируемый горизонт (ОДГ) представлен несвязными грунтами нужно принимать в расчет следующие варианты снижения несущей способности:

- первичной причиной более низкого значения угла внутреннего трения в пределах зоны ОДГ может являться тот факт, что генетически связанные пески и вышележащие суглинки могут не иметь четкой границы раздела и в переходной зоне, которая совпадает с ОДГ величина угла внутреннего трения грунтов, вследствие повышенного содержания глинистых частиц будет ниже;
- вторичной причиной снижения величины угла внутреннего трения флювиогляциальных песков может являться резкое повышение или понижение уровня грунтовых вод в окрестности склона. Как следствие, это может привести к резкому



возрастанию порового давления в песках. Влияние порового давления на сопротивление сдвигу описывается следующим уравнением:

$$\tau = (\sigma - u) \times \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (1),$$

где τ – сопротивление сдвигу, u – поровое давление; σ – эффективные напряжения; φ – угол внутреннего трения; c – сцепление. Изменение величины порового давления, может быть учтено за счет изменения величины угла внутреннего трения. Например, если $u=1/2\sigma$, $\operatorname{tg} \varphi$ будет равен половине расчетного коэффициента трения грунтов основного деформируемого горизонта (ОДГ), [4].

- кроме того хорошо известно, что угол внутреннего трения песков зависит от плотности сложения. Учитывая суффозионную неустойчивость флювиогляциальных песков в зоне ОДГ, можно предположить, что в результате суффозии плотность песков и как следствие угол их внутреннего трения будут уменьшаться. Таким образом, вполне вероятна взаимосвязь оползневых процессов с суффозионным [5].

В качестве примера рассматривается парагенезис суффозионных и оползневых процессов на склоне вблизи церкви Рождества Пресвятой Богородицы (Рис. 1) в с. Льялово, Московской области.



Рисунок 1. Северный фасад церкви Рождества Пресвятой Богородицы (фото Д. Шубиной, 2019).

Исследуемая территория расположена к северу от Москвы в районе Звенигорода. Рельеф здесь плого-холмистый, прорезанный сетью некрупных рек и ручьев. В геоморфологическом отношении территория расположена в пределах Клинско-Дмитровской гряды, сформированной конечной мореной Московского оледенения. Соответственно, в разрезе преобладают четвертичные моренные и флювиогляциальные отложения. Первый от поверхности стратиграфо-генетический комплекс представлен аллювиальными песками верхнеплейстоценового возраста (aIII). Исследуемый склон расположен на высоком правом берегу реки Клязьмы. Не далее чем в 30 м от церкви на склоне наблюдается уступ высотой около 1 – 1,5 м и значительное понижение – суффозионная воронка (Рис. 2, 3). У подножия склона есть выходы подземных вод горизонта флювиогляциальных песков и каптированный родник (объект религиозного значения).



Рисунок 2. Уступ суффозионной воронки на южном склоне с. Льялово (фото Д. Шубиной, 2019).

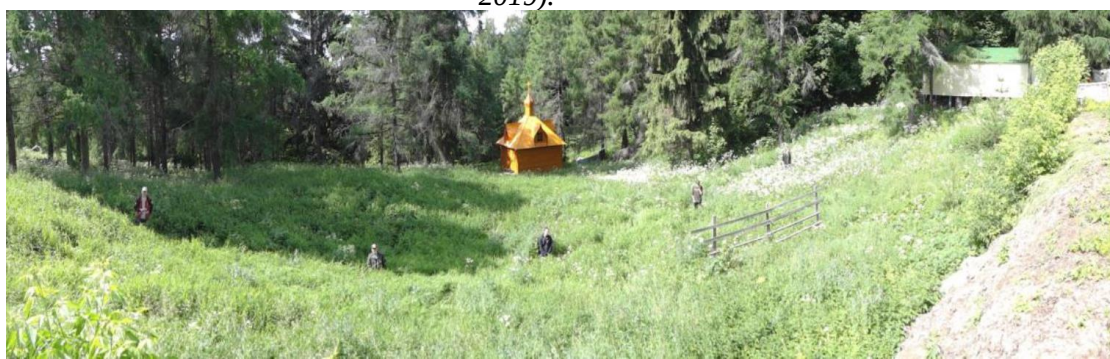


Рисунок 3. Суффозионная воронка на южном склоне с. Льялово (фото А.И. Полетаева, 2012).

Общая оценка механической суффозионной устойчивости песков изучаемой территории производилась по методике ВНИИГ [6]. Наибольший интерес в отношении суффозионной устойчивости и связи суффозии в песках с оползневым процессом представляют флювиогляциальные отложения московско-днепровского межледниковья (*fId-ms*). Для количественной оценки интенсивности суффозионной опасности введен параметр степени суффозионности, λ , который определяется как разность между размером частиц грунта, определяемым по интегральной кривой гранулометрического состава при 5% обеспеченности, и максимальным размером частиц, выносимых фильтрационным потоком из грунта, в зависимости от максимального размера пор в грунте [7]. Согласно графикам гранулометрического состава и свойствам грунтов основного деформируемого горизонта рассчитанное значение λ составляет 0,203. Таким образом, по классификационным значениям показателя λ для суффозионной устойчивости грунтов флювиогляциальные пески на исследуемом склоне относятся к сильносуффозиозным [6]. На основании выполненного моделирования можно заключить, что в естественном состоянии склон устойчив ($K_u > 2$) (Рис. 4). Однако, принимая во внимание рассмотренные выше причины снижения угла внутреннего трения, был выполнен расчет зависимости коэффициента устойчивости склона от угла внутреннего трения. В процессе моделирования было показано, что при угле внутреннего трения порядка 10 градусов склон теряет устойчивость.

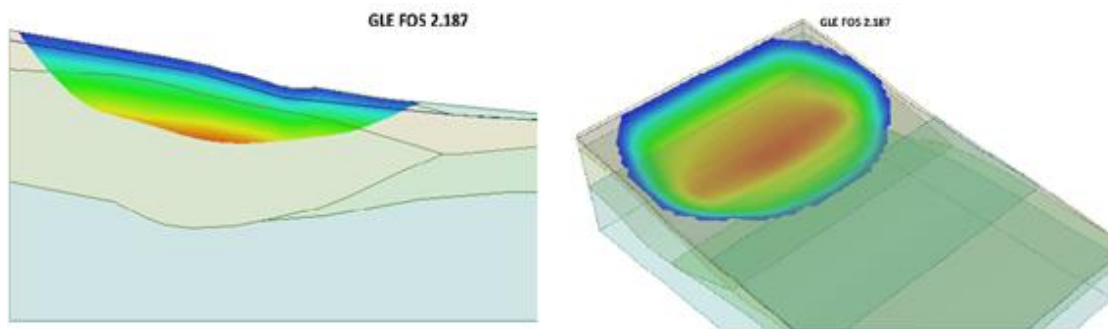


Рисунок 4. Результаты расчета устойчивости склона в сечении и 3D-постановке задачи.

Выводы

При оценке оползневой устойчивости и выдаче рекомендаций насчет мер по инженерной защите, даже при высоких значениях коэффициента устойчивости склона в естественном состоянии ($K_u > 2$), следует учитывать парагенетически связанные экзогенные геологические процессы и их влияние на устойчивость склона. В рассматриваемом примере существенно увеличивает риск процесса оползнеобразования процесс суффозии, развивающийся из-за наличия флювиогляциальных песков в геологическом строении склона и источника разгрузки подземных вод у его подножия. Следовательно, проектирование мер инженерной защиты следует предусмотреть из-за уменьшения плотности флювиогляциальных песков в процессе суффозии и, как следствие, снижения угла внутреннего трения песков.

Литература

1. Буфеев Ф.К., Фоменко И.К., Сироткина О.Н. // Международный научно-исследовательский журнал, 2016, с. 127-133.
2. Зеркаль О.В., Фоменко И.К. // Оценка влияния анизотропии свойств грунтов на устойчивость склонов. Инженерные изыскания, Issue 9, 2013.
3. Пашкин Е.М., Каган А.А., Кривоногова Н.Ф. // Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии. Москва: КДУ, 2011
4. Пендин В.В., Фоменко И.К. // Методология оценки и прогноза оползневой опасности. Москва: ЛЕНАНД, 2015.
5. Сироткина О. Н., Фоменко И. К. Суффозионные и оползневые процессы в районе Храма Рождества Пресвятой Богородицы (с. Льялово) // Материалы всероссийской научной конференции "Восточно-Европейская платформа: геология, неотектоника, геоморфология, под ред. Л. В. Паниной. Издательство "Перо", Москва, 2018, С. 25–30.
6. Панина Л. В., Зайцев В. А., Сироткина О.Н. и др. Чашниковская впадина и ее обрамление (геология, геоморфология, структурные особенности и современные геологические процессы) // МаксПресс г.Москва, 2017, 162 с.
7. Шубина Д.Д., Невечеря В.В., Сироткина О.Н., Фоменко И.К. Оползневые процессы как факторы разрушения объектов культурного наследия России // В сборнике: Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации Материалы Пятнадцатой Общероссийской научно-практической конференции изыскательских организаций. Москва, 2019. С. 451-458.
8. Igor Fomenko, Denis Gorobtsov, Daria Shubina, Fedor Bufeef, Landslide processes as a risk factor for Russian cultural heritage objects // Proceedings of 2018 PL Symposium on Landslides, Kyoto, Japan, The International Consortium on Landslides. Kyoto, Japan, 2018, pp 36-40.