

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



АЛРОСА

*При финансовой поддержке:*



MICROMINE



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



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНА РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

*Бабенко А.В. (РГГРУ им. С.Орджоникидзе, byvait@yandex.ru),*

*Шубина Д.Д. (РГГРУ им. С.Орджоникидзе, ddshubina@gmail.com),*

*Фоменко И.К. (РГГРУ им. С.Орджоникидзе, Ifolga@gmail.com)*

### Аннотация

Статья посвящена оценке устойчивости склонов методами предельного равновесия и конечных элементов при трехмерной постановке задачи. В качестве объекта исследований был выбран участок Сахалинской железной дороги на перегоне ст. Пугачёво - ст. Макаров, подверженный опасности активизации оползневых процессов. Полученные результаты хорошо коррелируются с состоянием, в котором находится склон, однако при сопоставлении трехмерных расчетов методами предельных равновесий и конечных элементов наблюдается неопределенность, связанная с конфигурацией оползневого тела в плане.

**Ключевые слова:** устойчивость склона, методы предельного равновесия, метод конечных элементов, 3D моделирование.

В настоящее время существует достаточно много методов расчета устойчивости склонов. При оценке устойчивости неоднородных склонов в настоящее время используют класс методов предельного равновесия и метод конечных элементов.

Методы предельного равновесия можно разделить на 3 основные группы: метод Моргенштерна-Прайса, удовлетворяющий общему равновесию моментов и горизонтальных сил; упрощенный метод Бишопа, удовлетворяющий общему равновесию моментов; простой метод Янб'у, удовлетворяющий общему равновесию горизонтальных сил.

Метод конечных элементов также является одним из основных численных методов и рекомендован к применению в актуализированных редакциях нормативных документов.

Схематизация при 2D моделировании предполагает сильное упрощение реальных условий, в то время как моделирование устойчивости склонов в 3D варианте более правильно и перспективно.

Решение задач в трехмерной постановке учитывает форму поверхности скольжения и различного вида неоднородности, а также позволяет прогнозировать развитие оползневого процесса не только по глубине проникновения (в массиве), но и в плане.

В качестве примера выполненной оценки устойчивости склонов при помощи программы Slide<sup>3</sup> был выбран участок Сахалинской железной дороги на перегоне ст. Пугачёво - ст. Макаров, участок Арсентьевка – Ноглики (Рис. 1), подверженный опасности активизации оползневых процессов.



*Рис. 1. Местоположение участка исследований*

Данные для моделирования устойчивости склона были получены на основе результатов инженерных изысканий, выполненных для реконструкции моста на 221 км (ПК 8,82 м). Участок пути на подходах к мосту расположен у подошвы склона. Высота склона 25-30 м.

Из современных процессов, действующих на участке, наибольшую опасность представляют склоновые процессы, эрозионная деятельность временных и постоянных водотоков и сейсмическая активность. Склоновые деформации проявляются в виде осыпей и отдельных обрушений склонов (Рис. 2). Боковая эрозия в русле водотока значительно увеличивает степень пораженности и интенсивность оползневых процессов.

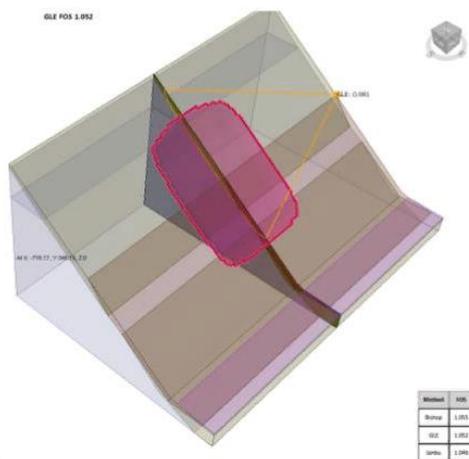


*Рис. 2. Общий вид склонов в районе моста (красным цветом показаны участки развития оползневых процессов)*

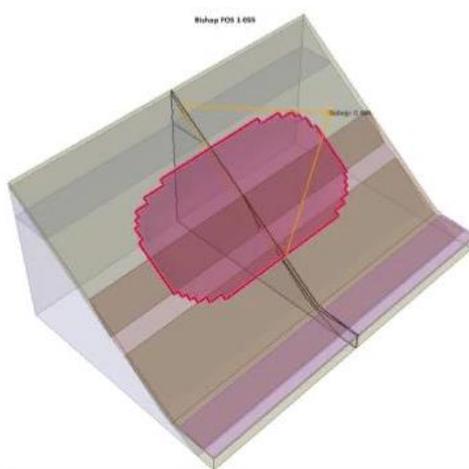
Для построения математической модели применяется обобщенная и специальная схематизация. Обобщенная схематизация – процесс упрощения реального природного объекта до концептуальной модели. Специальная схематизация – максимальное упрощение концептуальной модели при минимальной потере адекватности полученной схемы.

При схематизации был принят критерий прочности грунтов Кулона-Мора, который содержит три основных входных параметра: сила сцепления, угол внутреннего трения и плотность грунтов, полученные в ходе инженерно-геологических изысканий.

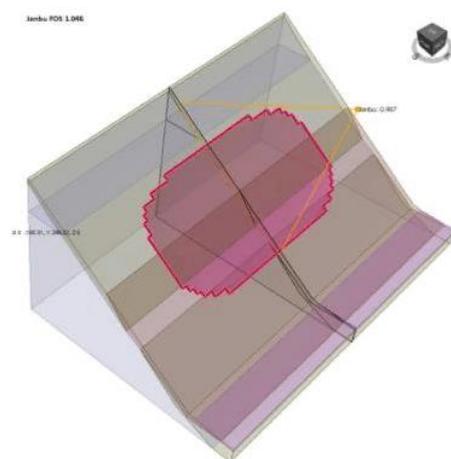
Результаты оценки общей устойчивости склона в естественных условиях, выявленных при инженерных изысканиях по методу Моргенштерна и Прайса, приведены на Рис. 3, по методу Бишопа на Рис. 4, по методу Янб'у – на Рис. 5.



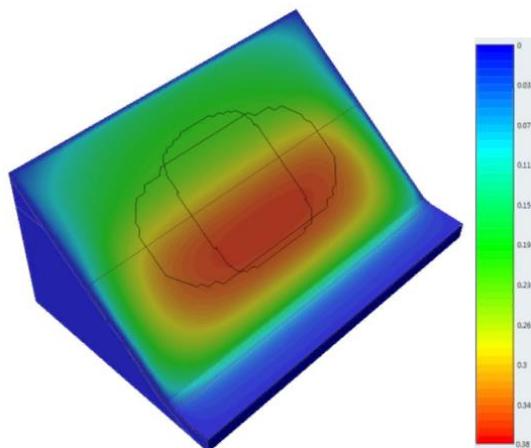
**Рис. 3.** Расчет устойчивости склона в естественных условиях методом Моргенштерна-Прайса ( $K_u$ - 1.05) в 3D-постановке (оранжевый контур – поверхность скольжения по результатам 2D расчета).



**Рис. 4.** Расчет устойчивости склона в естественных условиях методом Бишопа ( $K_u$ - 1.055) в 3D-постановке (оранжевый контур – поверхность скольжения по результатам 2D расчета).



**Рис. 5.** Расчет устойчивости склона в естественных условиях методом Янб'у ( $K_u$ -1.046) в 3D-постановке (оранжевый контур – поверхность скольжения по результатам 2D расчета).



**Рис. 6.** Расчет устойчивости склона в естественных условиях методом конечных элементов (Ку-1.07) в 3D-постановке (примечание: черной линией показаны контуры расчетного массива, полученные методами предельного равновесия).

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что склон в естественных условиях находится в состоянии предельного равновесия (Ку незначительно превышает 1,00). Факт нахождения моделируемого склона в предельном равновесии подтверждается его фактическим состоянием.

Наибольшая неопределенность связана с развитием оползневой процесса в плане. Расчетное оползневое тело, полученное методом Моргенштерна-Прайса вытянуто по падению склона, а методами Бишопа и Янбу – вытянуто по простиранию склона.

Методы предельного равновесия, используемые при трехмерном моделировании устойчивости склонов, как и двумерные, требуют дополнительных предположений для достижения более точного результата.

Сравнение конфигурации расчетного оползневой тела с фактическими, образовавшимися на склоне (см. Рис. 2) позволяет предположить, что наиболее корректный результат получен методом Моргенштерна-Прайса.

### Литература

1. Фоменко И.К. (2012). Общая классификационная схема методов расчета устойчивости склонов. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2012». Одесса: КУПРИЕНКО, 35(3), стр. 75-81.
2. Фоменко И.К. (2012). Современные тенденции в расчетах устойчивости склонов. Инженерная геология(6), 44-53.
3. Фоменко И.К., Зеркаль О.В. (2011). Преимущества методов оценки устойчивости склонов в трехмерной постановке. Геотехника(5), 38-41.
4. Сироткина О. Н., Фоменко И. К., Горобцов Д. Н. О классификации математических методов оценки локальной оползневой опасности // Сборник научных трудов по материалам II международной научной конференции "НАУКА РОССИИ: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ". — Т. 2. — НИЦ Л-Журнал Екатеринбург, 2017. — С. 50–55. [ DOI ]