

Математическое моделирование средней части Карасанского оползня

А.В. Манько

ФГБОУ ВО НИ Московский государственный строительный университет

Аннотация: В статье рассмотрены геологические особенности Карасанского оползня. Также представлен результат математического моделирования движения оползня во времени.

Ключевые слова: оползень, оползневой склон, математическое моделирование, геомеханическое моделирование, метод конечных элементов, Карасанский оползень, противооползневая защита.

Карасанский оползень, имеющий номер 76 (по Кадастру Оползней Крыма) расположен в Крыму и территориально относится к городскому поселению Алушта [1]. В данной статье пойдет речь только о его средней части, расположенной около села Пушкино.

В геоструктурном отношении [2] территория расположена в прибрежной части Аю-Дагского блокового поднятия в пределах Туакского поднятия Горно-Крымского складчато-надвигового сооружения, в зоне Центрально-Крымского Симферопольско-Алуштинского глубинного разлома. На исследуемой территории выделяется система более молодых северо-восточных и северо-западных нарушений. Дегерменкойский сброс вместе с Шархинским и Карасанским сбросо-сдвигами образуют грабен, в пределах которого в настоящее время существует Карасанский оползень №76.

В геологическом строении территории [3,4] принимают участие породы таврического флиша, представленные сложно дислоцированными, сильно метаморфизованными и сильнотрещиноватыми аргиллитами с многочисленными прослоями алевролитов и песчаников, со следами сильной гидротермальной переработки (ожелезнения, окварцевания и каолинизации). Коренные породы таврической серии развиты повсеместно, отдельные их разновидности слагают водораздельные гребни, ограничивающие Карасанскую депрессию.

Общий уклон кровли коренных пород направлен к юго-востоку, в сторону Черного моря, но в её палеоповерхности наблюдаются многочисленные уступы, гребни, переуглубления и депрессии, которые имеют, как правило, крутые, относительно асимметричные борта и ориентированы параллельно Дегерменкойскому сбросу.

К опасным геологическим процессам, которые могут встречаться на Крымском полуострове, в срединном районе Каратсанского оползня можно назвать сейсмичность и склоновые процессы. Остальные эндогенные и экзогенные процессы слабо или вообще не выявлены.

В соответствии с действующей нормативной документацией (СП 14.13330.2014) и различными исследованиями [5] сейсмичность на рассматриваемой территории оценивается по шкале MSK-64 в 8 баллов (с вероятностью 10%), в 9 баллов (с вероятностью 5%) и 10 баллов (с вероятностью 1%).

Карасанский оползень характеризуется сложным структурно-блоковым строением и наличием локальных активных оползневых очагов более высокого порядка. Рельеф склона достаточно сложный, т.к. сформировался под воздействием различных факторов – тектонических, оползневых, эрозионных и техногенных. Средняя часть Каратсанского оползня имеет следующие размеры: длина оползня 1000м, ширина 220м, базисом служит урез Черного моря.

Динамика Карасанского оползня №76 стала изучаться с 50-х годов 20 века. За период постоянных наблюдений установлен ряд периодических подвижек и смещений, наиболее значительные 0,2-0,5м в год. Оползень №76 относится к числу оползневых тел, постоянно получающих питание из закарстованных отложений верхней Юры Бабуган-Ялы, составляющих обширную область питания подземных вод атмосферными осадками в

течении года, особенно в весенний период после снеготаяния и после интенсивных дождей.

Таким образом, основным фактором образования локальных оползневых очагов является гидрологическая обстановка в пределах участка исследования. Наличие водных потоков различной интенсивности на площадках приводит к формированию заколов локальных оползней III порядка, а также формирование зон насыщенного грунта в пределах оползней II порядка. Наличие искусственного водохранилища в теле оползня, в средней его части создает дополнительный источник водонасыщения оползневых отложений.

Для разработки системы противооползневой защиты необходимо смоделировать Карасанский оползень (его центральную часть) методами математического моделирования - методом конечных элементов. Сама идея в моделировании не нова. В разные годы ряд авторов [6, 7, 8] проводили математическое моделирование оползнеопасных склонов, склоновых процессов и движение подземных вод.

На рис. 1 изображена расчетная схема математического моделирования оползня.



Рис.1. - Расчетная схема моделирования оползня

При проведении моделирования Карасанского оползня использовалась швейцарская программа ZSoil. В качестве модели среды в данном расчете применяется хорошо себя зарекомендовавшая модель Мора-Кулона [9, 10].

При проведении моделирования оползня учитывались имеющаяся на данной территории противооползневая защита в виде подпорных стен. В соответствии с геологическим разрезом центральная часть оползня сложена делювиально-пролювиальными суглинками и триассово-юрскими аргиллитами. На рис.2 представлена начальная схема деформации сетки, а на рис.3 окончательная схема деформации сетки.

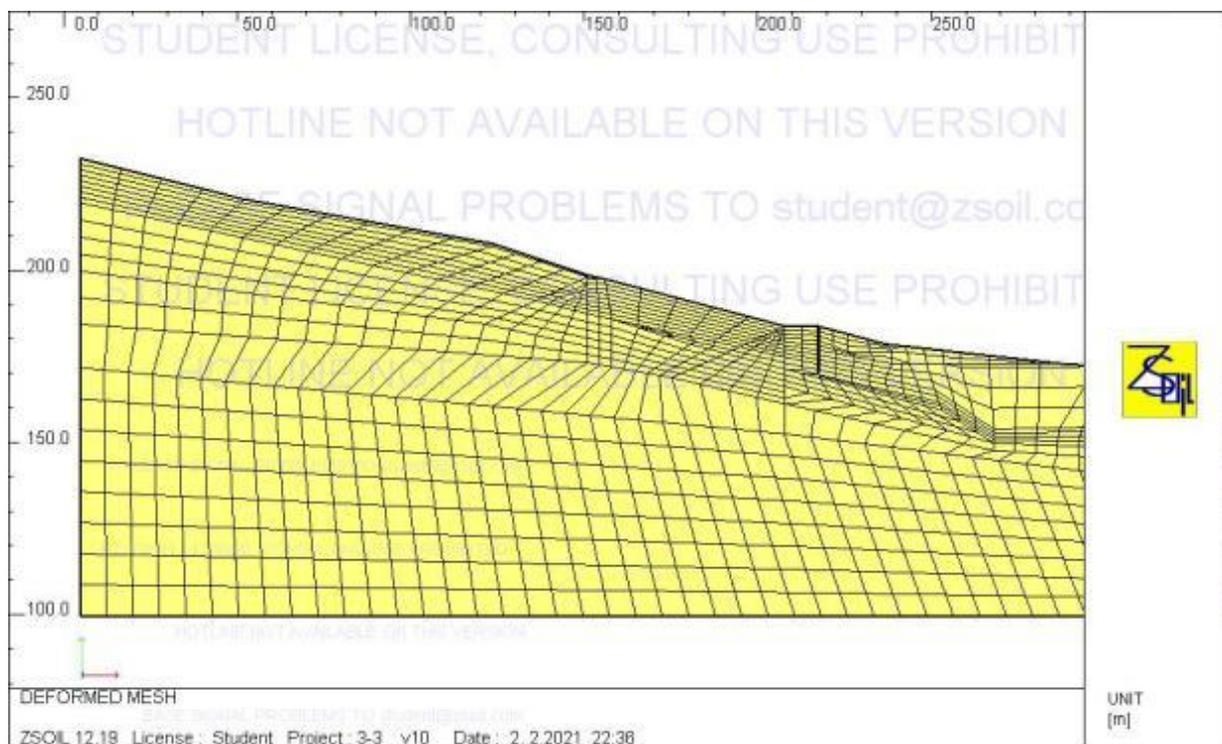


Рис.2. - Сетка деформации на начальной стадии моделирования

Как видно из представленных расчетов, существующей системы противооползневой защиты недостаточно. Но указанные результаты - это не существующая на данный момент картина, а моделирование, начиная с момента укрепления склона в 50-х годах XX века на срок 90-100 лет, т.е. условно до 2045 года.

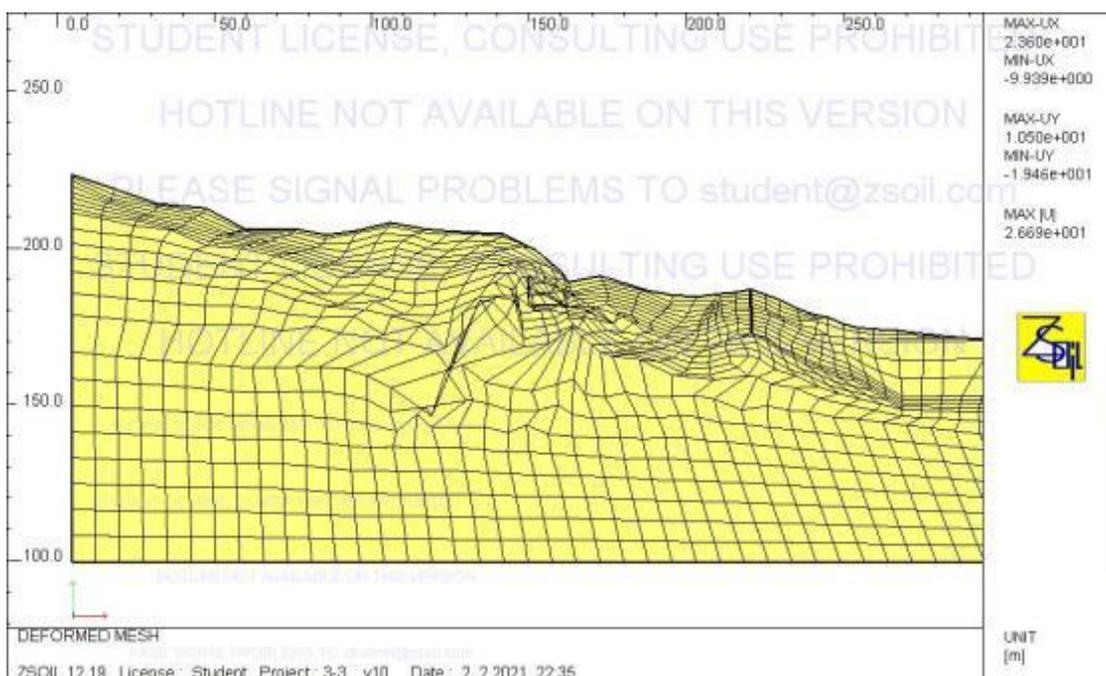


Рис.3 - Сетка деформации на последней стадии моделирования

На рис.4 изображены векторы перемещения в грунтовом массиве оползня.

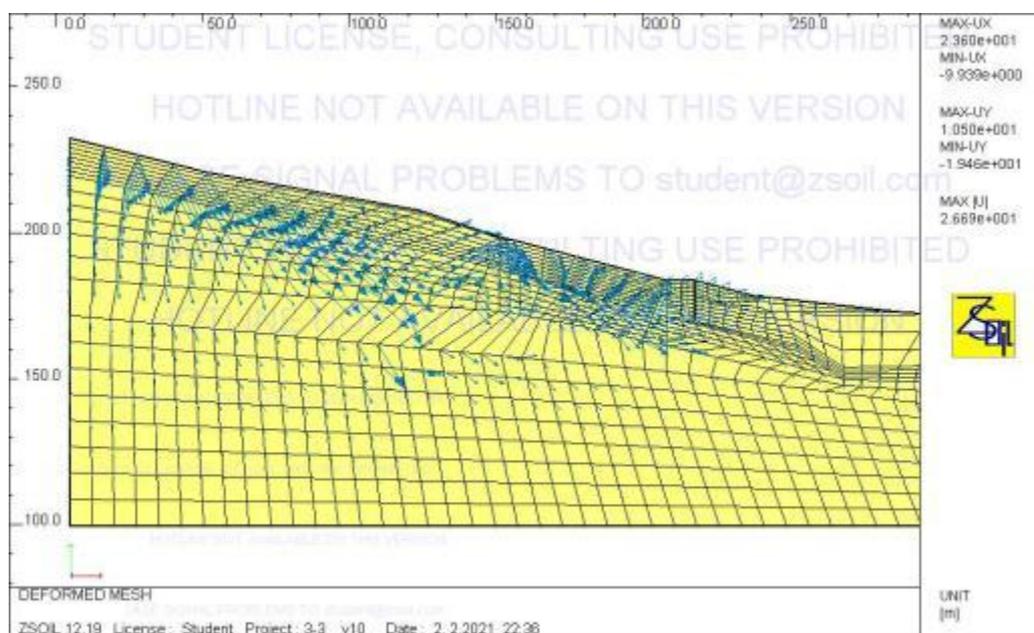


Рис.4. - Векторы перемещения оползня

По результатам проведенного моделирования, можно сказать, что за рассматриваемый период без дополнительного укрепления оползень

сместится по горизонтали (в сторону Черного моря) на 23,6 м. Мощность оползня составит 9,93 м.

На данный момент, на рассматриваемой территории срединной части Карасанского оползня находится дом отдыха, построенный в то же время, что и противооползневые сооружения. Дом отдыха будет реконструирован и поэтому возможно, что без реконструкции противооползневой защиты оползень продолжит свое движение.

Литература

1. Геология СССР. Том VIII. Крым. Часть I. Геологическое описание. – М.: «Недра», 1969. 576с.
2. Казанцев Ю.В. Тектоника Крыма. М.: Наука, 1982. 112с.
3. Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т., Аржавитина М.Ю., Аржавитин П.В., Терехов А.А., Попович С.В. Структурная геология Крыма. Уфа: Уфимский научный центр РАН, 1989. 152с.
4. Геология Крыма / Под ред. Аркадьева В.В. Выпуск 2 изд. СПб.: НИИ земной коры СПбГУ, 2002. 168с.
5. Гобаренко В.С., Егорова Т.П. Сейсмотомографическая модель коры южного Крыма и прилегающей части Черного моря // Вулканология и сейсмология. 2020. №3. С. 56-73
6. Михайлин А.А., Филонов С.В. Анализ устойчивости глубоко разрыхленных склонов // Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2491
7. Хмелевцов А.А. Формирование структурных связей в аргиллитоподобных глинах сочинской свиты в г. Сочи // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2037

8. Каныгин Г.И., Кулиничева А.Е. Математическое моделирование загрязнения водоёмов стационарными источниками // Инженерный вестник Дона. 2019. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6129

9. Svalova V. Mechanical-Mathematical modeling for sedimentary movement and landslide processes // IAMG 2009 - Computational Methods for the Earth, Energy and Environmental Sciences. Stanford, CA: 2009. pp. 297-304.

10. Maugeri M., Motta E., Raciti E. Mathematical modelling of the landslide occurred at Gagliano Castelferrato (Italy) // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2006. №6. pp.133-143.

References

1. Geologija SSSR. Tom VIII. Krym. Chast' I. Geologicheskoe opisanie. [Geology of the USSR. Volume VIII. Crimea. Part I. Geological description]. M.: «Nedra», 1969. p.576.

2. Kazancev Ju.V. Tektonika Kryma [Tectonics of Crimea]. M.: Nauka, 1982. p. 112.

3. Kazancev Ju.V., Kazanceva T.T., Arzhavitina M.Ju., Arzhavitin P.V., Terehov A.A., Popovich S.V. Strukturnaja geologija Kryma [Structural geology of Crimea], Ufa: Ufimskij nauchnyj centr RAN, 1989. p.152.

4. Geologija Kryma [Geology of Crimea]. Pod red. Arkad'eva V.V. Vypusk 2 izd. SPb.: NII zemnoj kory SPbGU, 2002. p.168.

5. Gobarenko V.S., Egorova T.P. Vulkanologija i sejsmologija. 2020. №3. pp.56-73.

6. Mihajlin A.A., Filonov S.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2491

7. Hmelevcov A.A. Inzherenyj vestnik Dona. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2037

8. Kanygin G.I., Kulnicheva A.E. Inzherenyj vestnik Dona. 2019. №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6129



9. Svalova V. Mechanical-Mathematical modeling for sedimentary movement and landslide processes. IAMG 2009. Computational Methods for the Earth, Energy and Environmental Sciences. Stanford, CA: 2009. pp. 297-304.

10. Maugeri M., Motta E., Raciti E. Natural Hazards and Earth System Sciences. 2006. №6. pp.133-143.