

6. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика / Под ред. Н.Б. Дортман, – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 455 с.
7. Chao H.C., You C.F., Liu H.C., Chung C.H. The origin and migration of mud volcano fluids in Taiwan: Evidence from hydrogen, oxygen, and strontium isotopic compositions // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2013. – V. 114. – P. 29–51.
8. Dia A.N., Castrec-Rouelle M., Boulegue J., Comeau P. Trinidad mud volcanoes: Where do the expelled fluids come from? // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1999. – V. 63. – № 7–8. – P. 1023–1038.
9. Davies J.H. Global map of solid Earth surface heat flow // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2013. – V. 11. – № 10. – P. 4608–4622.
10. Minissale A., Magro G., Martinelli G., Vaselli O., Tassi G.F. Fluid geochemical transect in the Northern Apennines (central-northern Italy): fluid genesis and migration and tectonic implications // *Tectonophysics*. – 2000. – V. 319. – № 3. – P. 199–222.
11. Motyka R.J., Pobeda R.J., Jeffrey A. Geochemistry, isotopic composition, and origin of fluids emanating from mud volcanoes in the Copper River basin, Alaska // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1989. – V. 53. – № 1. – P. 29–41.
12. Nakada R., Takahashi Y., Tsunogai U., Zheng G., Shimizu H., Hattori K.H. A geochemical study on mud volcanoes in the Junggar Basin, China // *Applied Geochemistry*. – 2011. – V. 26. – № 7. – P. 1065–1076.
13. Ray S.J., Kumar A., Sudheer A.K., Deshpande R.D., Rao D.K., Patil D.J., Awasthi N., Bhutani R., Bhushan R., Dayal A.M. Origin of gases and water in mud volcanoes of Andaman accretionary prism: implications for fluid migration in forearcs // *Chemical Geology*. – 2013. – V. 347. – P. 102–113.

СОПОСТОВЛЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТОВ УСТОЙЧИВОСТИ НА ПРИМЕРЕ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА В РЕСПУБЛИКЕ ЧУВАШИЯ В ПРОГРАММЕ GEO5

Ю.К. Пацева¹

Научный руководитель профессор Л.А. Строкова²

¹ООО «Сибгаутсорспроект», г. Новосибирск, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Оползни являются одним из самых опасных и распространенных склоновых процессов на территории Российской Федерации. Поэтому, оценка устойчивости склонов является весьма актуальной темой на сегодняшний момент.

В статье рассмотрены методы расчета устойчивости оползневого склона, основанные на анализе предельного равновесия (GLE, LEM), а именно методы, основанные на равновесии сил и моментов, на примере оползневого склона в республике Чувашия, в программе GEO5. Чтобы определить действующие на оползневое тело силы, оно делится на блоки плоскостями. Затем, рассматриваются уравнения всех действующих сил на отдельные блоки грунта.

Плоскость скольжения проводится по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения (метод шведского геотехнического общества). Данный метод позволяет оценить устойчивость откоса любого очертания, учитывает неоднородное сложение, влияние фильтрационных сил, дополнительные нагрузки от зданий и сооружений, расположенных вблизи бровки склона или непосредственно на склоне [1].

Чаще всего, выбираются точки приложения отдельных сил, действующих между блоками или их наклонами. При решении проблемы равновесия программа анализирует ее многократно, выбранные значения должны удовлетворять равновесию и кинематической допустимости полученного решения.

Программа предлагает следующие методы расчетов: Sarma, Spencer, Morgenstern-Price, Janbu, Шахунянц, Метод ITF - Метод неуравновешенных сдвигающих сил

Также, можно найти критическое положение плоскости скольжения и самый низкий коэффициент устойчивости SF.

Методы Sarma, Morgenstern-Price и Spencer удовлетворяют равновесию сил и моментов в отдельных блоках, Janbu - равновесию сил и моментов, кроме верхнего блока (только равновесию сил), Шахунянц и ITF – равновесию сил.

Для расчетов выбирались наиболее характерные разрезы по линиям максимального уклона поверхности склонов.

Расчеты выполнены по заданной поверхности скольжения методами Sarma, Spencer, Morgenstern-Price, Janbu, Шахунянц.

Рассматриваемый оползневой склон имеет несколько вариантов поверхностей скольжения, а оползневое тело разделено на 4 блока.

Оползневое тело сложено делюсивными четвертичными отложениями, представленными глиной легкой пылеватой полутвердой, с прослоями туго- и мягкопластичной, с примесью органических веществ.

Поверхность скольжения 3-1 представлена четвертичными отложениями – глиной легкой пылеватой тугопластичной, с прослоями полутвердой, юрскими отложениями – глиной тяжелой полутвердой, с прослоями твердой и пермскими отложениями – глиной легкой пылеватой твердой, с прослоями полутвердой, суглинка твердого и полутвердого.

Поверхности скольжения 3-2, 3-3, 3-4 проведены по делюсивным и по пермским отложениям, описанным ранее.

Для расчетов, также необходимы прочностные характеристики грунтов, которые принимались по результатам сдвиговых испытаний методом «плашка по плашке» по подготовленной увлажненной поверхности. Нормативные и расчетные значения физических свойств, прочностных и деформационных характеристик глинистых

СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОЭКОЛОГИЯ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

грунтов приняты по лабораторным данным, рассчитанным в соответствии с ГОСТ 20522-2012 с учетом полевых опытных испытаний грунтов.

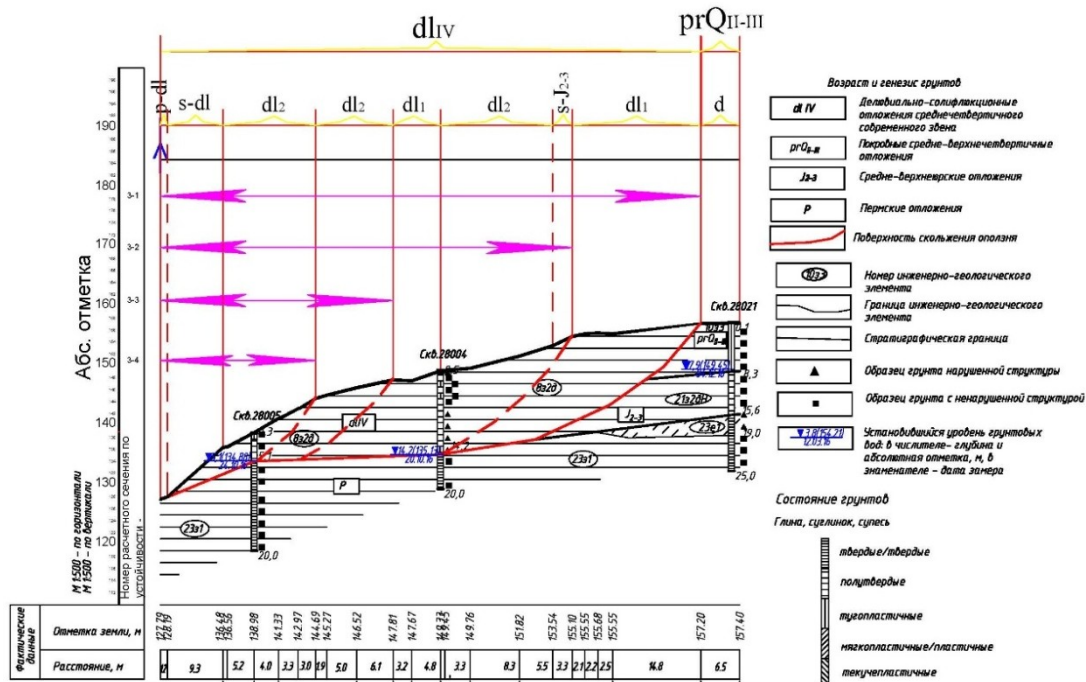


Рис. 1. Инженерно-геологическое разрез III-III по оползневному склону на участке ПК 6142-6145. Участок ст.Аэропорт ВСМ (искл.) (Н.Новгород) – ст.Чебоксары ВСМ (вкл.)

Значение допускаемой (нормированной) величины коэффициента устойчивости в соответствии с п. 5.2 СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов» определяется следующим выражением:

$$[K_{st}] = \frac{\gamma_n \cdot \psi}{\gamma_d}$$

где γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения = 1,2;
 ψ – коэффициент сочетания нагрузок (для основного сочетания $\psi = 1$, для особого – 0,9);
 γ_d – коэффициент условий работы, равен 0,9.

По результатам расчетов, нормированное значение коэффициента $[K_{st}]$ принимается 1,33 для статического состояния (основное сочетание нагрузок).

При расчетах, в программе GEO5 также учитывается уровень грунтовых вод.
 По результатам расчетов, оползневой склон по всем сечениям неустойчивый (рис.2).

сечение 3-1		сечение 3-2	
Проверка устойчивости откоса (все методы)		Проверка устойчивости откоса (все методы)	
Sarma :	FS = 0,83 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Sarma :	FS = 0,58 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ
Spencer :	FS = 0,83 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Spencer :	FS = 0,62 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ
Janbu :	FS = 0,82 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Janbu :	FS = 0,60 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ
Morgenstern-Price :	FS = 0,82 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Morgenstern-Price :	FS = 0,62 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ
Шахунянец :	FS = 0,79 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Шахунянец :	FS = 0,55 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ
сечение 3-3		сечение 3-4	
Проверка устойчивости откоса (все методы)		Проверка устойчивости откоса (все методы)	
Sarma :	FS = 0,38 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Sarma :	FS = 0,39 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ
Spencer :	FS = 0,42 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Spencer :	FS = 0,39 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ
Janbu :	FS = 0,42 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Janbu :	FS = 0,39 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ
Morgenstern-Price :	FS = 0,42 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Morgenstern-Price :	FS = 0,39 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ
Шахунянец :	FS = 0,38 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ	Шахунянец :	FS = 0,38 < 1,33 НЕ ПОДХОДИТ

Рис. 2. Результаты проверки устойчивости склона в программе GEO5

По результатам проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. В статическом состоянии весь склон характеризуется как неустойчивый (Куост = от 0,38 – до 0,83 < 1,33).
2. Значения коэффициента устойчивости определяются породами, слагающими плоскость скольжения, их физико-механическими характеристиками, центром вращения проведенной поверхности скольжения.

3. Закономерностей изменения результатов в зависимости от метода в разных сечениях не наблюдается. Максимальное различие в значениях – по сечению 3-2 между методами Spenser и Шахунянца – 0,07.
4. Методы расчетов коэффициента устойчивости отличаются направлениями сил и моментов в толще оползневого тела, соответственно формулами расчета. Это значит, что при выявлении устойчивости склона, не стоит пренебрегать ни одним из методов, и в случае, когда по результатам хотя бы одного из приведенных методов коэффициент устойчивости меньше нормированного, склон считать неустойчивым.

Литература

1. Далматов, Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) / Б.И. Далматов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1988. – 415
2. Кремнев А.Д., Глухов Д.О., Вишняков Н.Н. Определение наиболее опасной поверхности скольжения при расчете устойчивости откосов методом круглоцилиндрических поверхностей; Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки: научно-теоретический журнал.- Новополоцк: ПГУ, 2011.- № 8. - С. 37-41
3. Общая инженерная геология: учебник / П.П. Ипатов, Л.А. Строкова ; Томский политехнический университет. – Томск; Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 365 с.
4. Сахаровский А.В., Пачива Ю.К. и др. Технический отчет по инженерно-геологическим и геотехническим изысканиям. ВСМ Участок 573-630 км (Республика Чувашия). – Новосибирск: «Сибгипротранс», 2018

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ ИМ. В.П. ГРИБА

И.С. Пророков

Научный руководитель доцент Е.Н. Леонтьева

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Месторождение алмазов им. В.П. Гриба, расположенное в Архангельской области, разрабатывается с 2011 г. Разработка ведется открытым способом. Специфика разработки во многом определяется сложными гидрогеологическими условиями: региональное распространение мощных водоносных горизонтов и комплексов, высокие водопритоки в карьер и неоднородность в плане и разрезе водоносных толщ.

В геологическом разрезе четко обособляются два резко различных комплекса пород, соответствующие двум структурным этажам. Архей-нижнепротерозойский кристаллический фундамент и осадочный чехол, сложенный преимущественно терригенными образованиями рифея и венда, в меньшей части – карбонатными и терригенными осадками палеозоя и кайнозоя. Трубка прорывает отложения венда и перекрыта осадками каменноугольного и четвертичного возраста [1].

Подземные воды на изучаемой территории приурочены ко всему геологическому разрезу. В четвертичных отложениях выделяют 9 водоносных горизонтов. К отложениям каменноугольного возраста приурочены олмуго-окуневский водоносный горизонт и урзуго-воереченский водоносный комплекс. В вендских породах выделяют три водоносных комплекса: падунский, мезенский и усть-пинезский. Также подземные воды связаны с породами трубки взрыва.

Разработка месторождения на данный момент осуществляется при работе дренажного контура водопонижающих скважин и карьерного водоотлива. Осушению подвергается вся толща горных пород, залегающих над рабочим пластом. В настоящее время водопонижение производят в олмуго-окуневском и урзуго-воереченском водоносных горизонтах, а также в падунском и мезенском водоносных комплексах. Качество откачиваемых вод на данный момент позволяет их сбрасывать в речную сеть без дополнительной очистки. [2, 3]

Основным дренируемым комплексом на месторождении является падунский, который определяет около 70% объемов притока. В нем наиболее активно проявляется техногенный режим подземных вод. За счет большого снижения напора интенсифицируется перетекание из нижележащего мезенского водоносного горизонта, что приводит к изменению химического состава откачиваемых вод из падунских отложений.

Для изучения гидрохимических условий на месторождении В.П. Гриба в рамках данной работы были построены графики изменения химического состава воды в водопонижающих скважинах и скважинах режимной сети, оборудованных на различные водоносные горизонты и комплексы. Сопоставление изменений в гидрохимическом и гидродинамическом режимах подземных вод падунских отложений проводилось на основании карт пьезозоигипс и минерализации на различные периоды времени (рис. 1-4).

Анализ результатов режимных наблюдений за 2011 г., когда только началась разработка месторождения, и проводилось осушение водоносных горизонтов в четвертичных и каменноугольных отложениях, подтверждает, что влияние работы дренажной системы на падунский водоносный комплекс отсутствовало, понижения уровней не отмечалось. Водопонижение в верхней части разреза не привело к изменению гидрохимических условий: химический состав являлся естественным для падунского комплекса, различия в химическом составе в отдельных скважинах в разные периоды времени объясняются гидрохимической неоднородностью толщи.