

Интегрированное применение методов расчета устойчивости оползневых склонов

Д. Ю. Копытов, С.В. Овчинникова, Н. В. Коженко

*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
г. Краснодар*

Аннотация: В строительной сфере реформирование проектно-изыскательских работ позволяет взглянуть по-новому на состояние по проведению инженерно-геологических исследований. Применение программных комплексов предоставляет возможность автоматизации данного процесса при строительстве, реконструкции зданий и сооружений во избежание образования оползневых процессов и снижении техногенных рисков. Для определения устойчивости склона или грунтового сооружения используют методы предельного равновесия. Поэтому в статье целью исследования являлось проведение инженерно-геологических изыскания с применением различных методов и последующим расчетом устойчивости оползневых склонов. Методом оптимизации для расчетных склонов были выбраны поверхности скольжения с наименьшими коэффициентами запаса устойчивости.

Ключевые слова: интегрирование, реформирование, метод, сооружение, грунт, оползневый склон, техногенный риск, изыскания, автоматизация.

История инженерно-геологических работ в Туапсинском районе тесно связана с развитием региона и его инфраструктуры. Начиная с середины прошлого века, когда встал вопрос о строительстве жилых домов, объектов санаторно-курортного и лечебно-оздоровительного назначения, а также объектов народно-хозяйственного значения, проводились масштабные комплексные исследования геологических особенностей территории [1,2].

В конце XIX проводились самые первые, регулярные исследования геологического строения Туапсинского района, которые послужили основополагающей составляющей для дальнейшего обследования и более углубленного рассмотрения территории для строительства и развития логистики.

Были выявлены, например, особенности рельефа, наличие различных типов горных пород, уровень грунтовых вод, степень устойчивости грунтов и другие факторы, играющие ключевую роль при проектировании и

строительстве. В последующие годы, с ростом строительства, инженерно-геологические исследования в Туапсинском районе продолжали развиваться.

В середине прошлого века проводились новые исследования, направленные на более детальное изучение отдельных участков, предназначенных для строительства крупных объектов, таких как санатории, пансионаты, жилые комплексы. Особое внимание уделялось изучению опасных геологических процессов, таких как оползни, сели, карст, которые могли представлять угрозу для строящихся объектов.

К концу XX века комплексные инженерно-геологические исследования рассматриваемой территории усложнилось в результате антропогенных факторов. Проводились комплексные мероприятия по обследованию экологической обстановки для оценки степени деградации почвенного слоя, ухудшению качества грунтовых вод и рекультивации земель. Целью являлось восстановление и сохранение природных ландшафтов.

В XXI веке инженерно-геологические исследования в Туапсинском районе продолжаются и приобретают новые аспекты.

В геоморфологическом отношении рассматриваемая территория приурочена к южной горной системе Северо-Западного Кавказа, представляющая собой горную систему, с простираем в северо-западном направлении. От центральной, так называемой, кристаллической зоны Главного хребта Кавказские горы понижаются к востоку и западу, образуя области развития высокогорных и среднегорных складчатых гор, сменяющихся к периферии низкогорными областями.

Из результата анализа и архивных данных в пределах района выделяются два основных генетических типа рельефа: денудационный - делювиальные склоны холмисто-грядовых предгорий и аккумулятивный - пойменные отложения рек.

Образование современного рельефа началось в после миоценовое время и происходило на фоне общего поднятия Кавказа и связано с альпийским орогенезом и новейшими тектоническими движениями.

Участок инженерно-геологических изысканий расположен на хозяйственно-освоенной территории, рельеф участка спланирован и террасирован [3,4], закреплен небольшими подпорными стенками, на некоторых участках крошится бетон, наблюдается разрушение подпорных стенок [5,6].

Число расчетных створов определялось необходимостью как можно полнее изучить инженерно-геологические условия площадки, конфигурации поверхности склона и поверхности скольжения [7]. Поиск наиболее вероятной (экстремальной) поверхности скольжения, обеспечивающей наименьший коэффициент устойчивости грунтового массива, реализовывался в программном комплексе геотехнических расчетов GEO5.

Координирование задачи выполнялось интегрированными методами:

1. Метод Феллениуса - один из самых распространенных методов. Он основан на принципе равновесия сил, действующих на склоне, и представляет собой упрощенный вариант классического метода Феллениуса. Его преимущество - относительная простота расчетов, но он не учитывает фактор трения между слоями грунта.

2. Метод Бишопа - более точный метод, который учитывает трение между слоями грунта. Он также основан на принципе равновесия сил, но включает в себя более сложные расчеты.

3. Метод горизонтальных сил (Шахунянца) - метод, который основан на принципе равновесия горизонтальных сил, действующих на склон. Он отличается от предыдущих методов тем, что учитывает влияние землетрясений на устойчивость склона.

4. Метод Спенсера - метод, который основан на принципе равновесия моментов сил, действующих на склон. Он отличается от предыдущих методов тем, что учитывает влияние неравномерного распределения напряжений в грунте.

Определение коэффициента запаса устойчивости склона проводилось с учетом неоднородности сложения грунтового массива [8], без учета сейсмического воздействия и при сейсмическом воздействии - максимальном расчетном землетрясении равном 8 баллов в соответствии с СП 14.13330.2018 [9].

Силовое воздействие землетрясений на грунтовые массы, слагающие склоны, находит свое выражение в действии на них инерционных сейсмических сил S_C , состоящих из вертикальных K_v и горизонтальных K_h -составляющих. Коэффициенты инерционных сейсмических сил, не полученные от измерений, можно рассчитать по EN 1998-5.

При расчете устойчивости склонов учитывалось основное сочетание нагрузок (коэффициент 0,95).

Для расчёта коэффициента устойчивости приняты характеристики грунтов и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры грунтов

№	Удельный вес, γ , $кН/м^3$	Угол внутреннего трения/плашка по γ плашке, φ , °	Удельное сцепление/ плашка по плашке, C , кПа	Пористость
Перв ый	18,4	19,3/14	20,1 / 15,6	0,47
Втор ой	23,01	55,9	3530	0,17

Фундаментальные сочетания нагрузок -1,28 (величина нормативного коэффициента запаса устойчивости склонов).

При рационализации расчетных склонов взяты поверхности скольжения с минимальными коэффициентами запаса устойчивости [10].

Территория в районе профиля 1-1' при основных и особых сочетаниях нагрузок устойчива.

Результаты расчетов с применением интегрированных методов (все методы) определены:

1. Bishop – FS=2,03 (устойчив);
2. Fellenius/Petterson FS=1,96 (устойчив);
3. Spenser FS=2,05 (устойчив);
4. Шахунянец FS=1,96 (устойчив).

По анализу инженерно-геологических изысканий, можно установить, что склоновые процессы на территории проявляются в южной части местности. Что подтверждается данными итоговыми по расчету устойчивости склонов. Восточнее склон более пологий, что повышает его устойчивость. По условиям освоения оползень относится к типу, который возможно освоить при полном комплексе противооползневых мер.

Литература

1. Овчинникова С.В., Присс О.Г. Проведение инженерно-геологических изысканий под разработку рабочей документации для строительства эстакады на Невинномысской ГРЭС // Инженерный вестник Дона, 2016, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3951
2. Ovchinnikova S. V., Sekisov A. N., Borovkov A. V. Key aspects of improving project management within the current socio-economic development // E3S Web of Conferences. 2023. № 389. P. 09015.

3. Цораева Э. Н., Баева Н. А. Проблемы нарушения земельного законодательства в Краснодарском крае // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2019. № 3. С. 114-116.

4. Межян С. А., Цораева Э. Н. О государственном кадастровом учете земель // Землеустройство, кадастр недвижимости и мониторинг земельных ресурсов. Улан-Удэ: Улан-Удэ: Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова, 2020. С. 35-39.

5. Лямина А. А., Курсков В. А. Анализ основных проблем проектирования зданий и сооружений в особых грунтовых условиях // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. 2021. № 1. С. 156-159.

6. Лямина А. А., Тетерядченко Т. Н., Деркач К. В. Укрепление слабых оснований дорожных насыпей грунтовыми текстильно-песчаными сваями // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. 2020. № 1. С. 172-175.

7. Nomdorov R. Investigation of the influence of stratification and fracturing of rocks on the stability of slopes // Universum. 2023. №11-7. pp. 7-9.

8. Тимошенко М. С. Эколого-экономические аспекты управления факторами экологического риска в условиях городской застройки // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1161

9. Чернов Ю. К., Чернов А. Ю. Оценка спектров колебаний грунта при землетрясениях по их макросейсмическому полю для прогнозирования расчётных сейсмических воздействий // Инженерная геология. 2008. № 4. С. 42-52.

10. Иванушь И. В. К вопросу расчета устойчивости откоса в различных программных комплексах // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. 2021. № 1. С. 276-285.



References

1. Ovchinnikova S.V., Priss O.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2016. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3951
2. Ovchinnikova S. V., Sekisov A. N., Borovkov A. V. E3S Web of Conferences. 2023. № 389. pp. 09015.
3. Tsorayeva E. N., Bayeva N. A. Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo Slavyanskogo universiteta. 2020. pp. 35-39.
4. Mezhyan S. A., Tsorayeva E. N. Zemleustroystvo, kadastr nedvizhimosti i monitoring zemelnykh resursov. 2020. pp. 35-39.
5. Lyamina A. A., Kurskov V. A. Prioritetnyye napravleniya innovatsionnoy deyatel'nosti v promyshlennosti. 2021. №1. pp. 156-159.
6. Lyamina A. A., Teteryadchenko T. N., Derkach K. V. Prioritetnyye napravleniya innovatsionnoy deyatel'nosti v promyshlennosti. 2021. № 1. pp. 172-175.
7. Nomdorov R. Universum. 2023. №11-7. pp. 7-9.
8. Timoshenko M. S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1161
9. Chernov YU. K., Chernov A. YU. Inzhenernaya geologiya. 2008. № 4. pp. 42-52.
10. Ivanus I. V. Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernad'skogo. 2021. № 1. pp. 276-285.

Дата поступления: 20.06.2024

Дата публикации: 25.07.2024