

Проектирование инженерной защиты на оползнеопасных участках автомобильной дороги г. Сочи

А.А. Воеводина¹, С.В. Овчинникова¹, Р.Н. Хусейн², А.И. Мартынюк²

¹Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар

²Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Аннотация: При проектировании инженерной защиты необходимо применение современных и прогрессивных технологий. Принимаемые технические решения должны соответствовать основам проектирования - экономической и эксплуатационной эффективности. В данной статье рассмотрены методы и принципы работы необходимые для оценки опасности и разработки эффективных мер по предотвращению и снижению рисков при проектировании, выборе оптимальных решений и рекомендаций по разработке проектов инженерной защиты. Проведением изысканий выбран участок автомобильной дороги общего пользования местного значения Краснодарского края. В качестве исходных данных приняты материалы инженерно-геологических исследований склона, которые включали рекогносцировочные маршрутные наблюдения, проходку инженерно-геологических выработок с отбором проб грунтов, определение физико-механических характеристик грунтов.

Ключевые слова: инженерная защита, изыскания, проектирование, устойчивость, реконструкция, грунт, оползневый склон.

Инженерная защита объектов используется для жилищного, промышленного строительства, возводится на автомобильных дорогах, эстакадах для стабилизации грунтового массива вследствие опасных геологических и гидрологических процессов, вызванных как природными, так и техногенными факторами [1,2]. В настоящий момент на территории Краснодарского края имеется достаточное количество объектов, подверженных таким процессам и нуждающихся в рациональных технических решениях по их защите [3,4].

Началом любого проектирования является получение исходно разрешительной документации, так как участки строительства и реконструкции могут находиться на «закрытой» территории, без возможности осуществления на ней какой-либо деятельности проектной организации [5,6] (например, территории национальных парков,

заповедников и лесничеств). Следующим, из важнейших этапов, являются обследование и инженерно-геологические изыскания.

В контексте выполнения инженерно-геологических изысканий был проанализирован сегмент автотранспортной инфраструктуры - дорога общественного пользования с локальным значением, находящаяся в пределах Хостинского района на территории муниципального образования – города-курорта Сочи Краснодарского края [7,8] .

В рамках реконструкции предусматривается устройство противооползневых сооружений, перенос маршрута автодороги и реализация проектных решений для эффективного отвода воды в пределах зоны строительства [9,10]. Территория, подлежащая обследованию, занимает область с мягким влажным субтропическим климатом, примечательным наличием элементов вертикального зонирования. Исходя из ключевых климатических параметров и принятой системы климатического районирования, данный сектор исследования классифицируется как часть четвертого климатического района, в частности его подрайона IV Б.

Проектируемые объем работы и методы проведения должны гарантировать высокую точность и надежность получаемых данных в рамках инженерно-геологических исследований, критически необходимых для корректного выбора и аргументации проектных решений. Эти решения должны заложить основу для безопасной эксплуатации автомобильных дорог и инженерных сооружений на них. Сложность инженерно-геологических условий территории представляет собой категорию III (сложная). На основании действующих нормативных документов выполнены исследования проб грунта и воды.

Прочностные характеристики для глинистых грунтов определены по схеме консолидированного среза и дополнительно по схеме повторного среза по смоченной поверхности. Для крупнообломочных грунтов определён

гранулометрический состав и состояние заполнителя, плотность методом гидростатического взвешивания; скальных и полускальных грунтов - физические свойства и пределы прочности на одноосное растяжение методом скола в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии. Для всех расчетных схем выполнена генерализация инженерно-геологических разрезов, полученных в ходе изысканий (упрощена геометрия склона, удалены не существенные элементы).

В таблице 1 представлены данные по физико-механическим характеристикам грунтов 1.

Таблица 1

Расчетные значения физико-механических свойств грунтов

Наименование показателей	Обозначение	Единицы измерения	Свойства грунтов					
			ИГЭ-1	ИГЭ-2	ИГЭ-3	ИГЭ-4	ИГЭ-5	ИГЭ-6
Модель грунта			Модель Кулона-Мора			Модель Хука Брауна		
Удельный вес грунта		кН/м ³	18,9	18,5	19,2	24,8	23,1	19,7
Удельное сцепление		кПа	$\frac{36}{17}$	$\frac{34}{17}$	$\frac{34}{25}$	-	-	$\frac{57}{53}$
Угол внутреннего трения		град	$\frac{20}{14}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{21}{16}$	-	-	$\frac{20}{15}$

Расчет устойчивости сооружения на установленных участках, находящихся в предельном равновесии или обладающих недостаточным запасом устойчивости в текущем (естественном) состоянии, а также границы оползневого смещения при особом сочетании нагрузок (сейсмическое воздействие) произведен методами Morgenштерна-Прайса, Ямбу и Бишопа с применением программного комплекса GeoStudio (рис. 1-3).

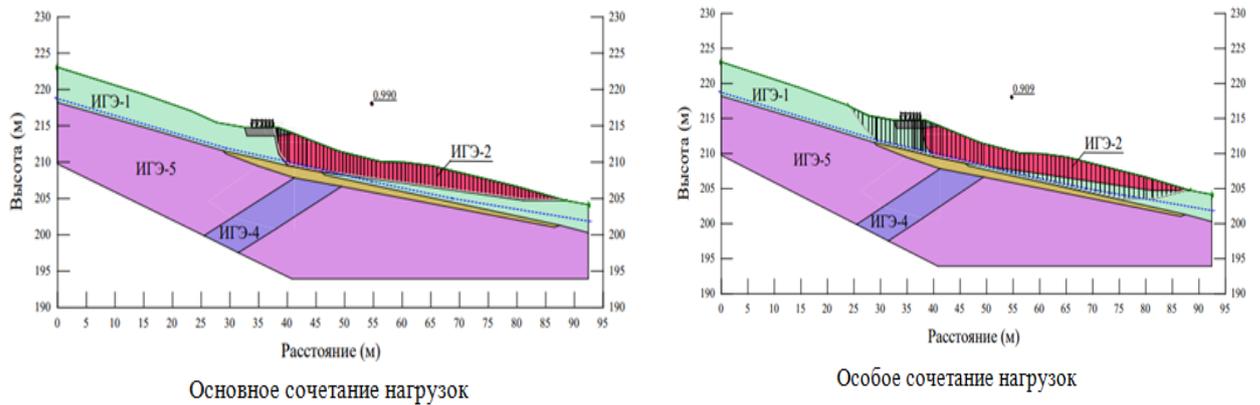


Рис. 1. - Устойчивость склона в разрезе 2-2. Метод расчета Моргенштерна – Прайса

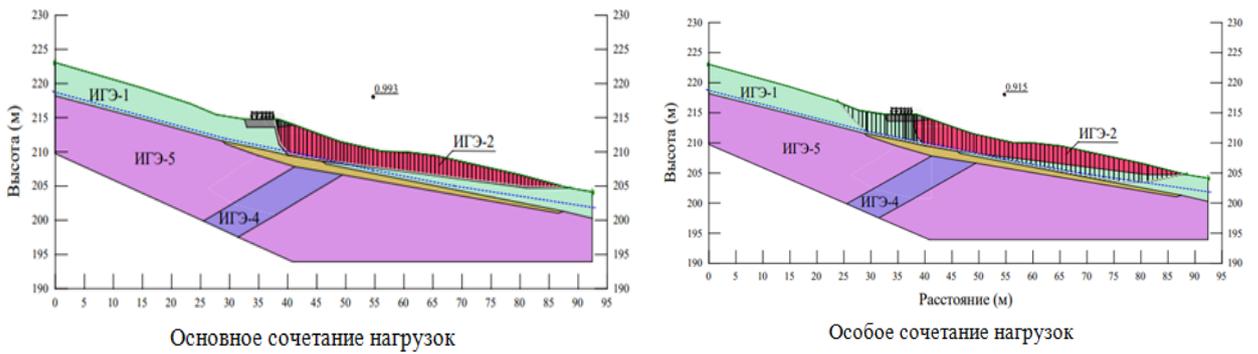


Рис. 2. - Устойчивость склона в разрезе 2-2. Метод расчета Янбу

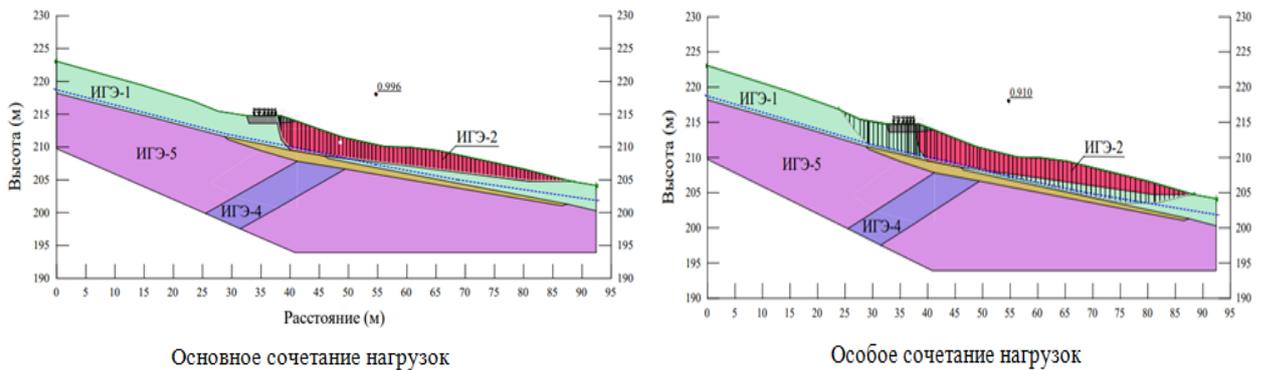


Рис. 3. - Устойчивость склона в разрезе 2-2. Метод расчета Бишопа

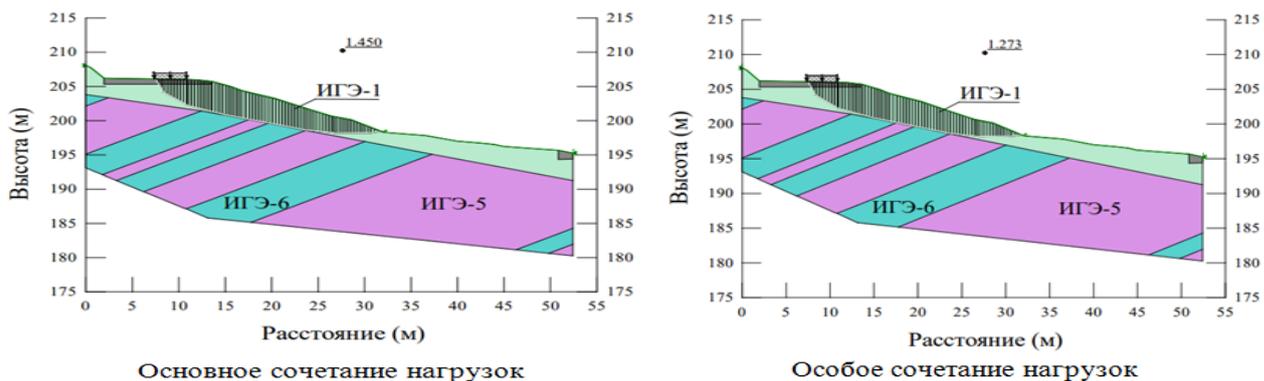


Рис. 4. - Устойчивость склона в разрезе 2–2.
Метод расчета Morgenштерна – Прайса

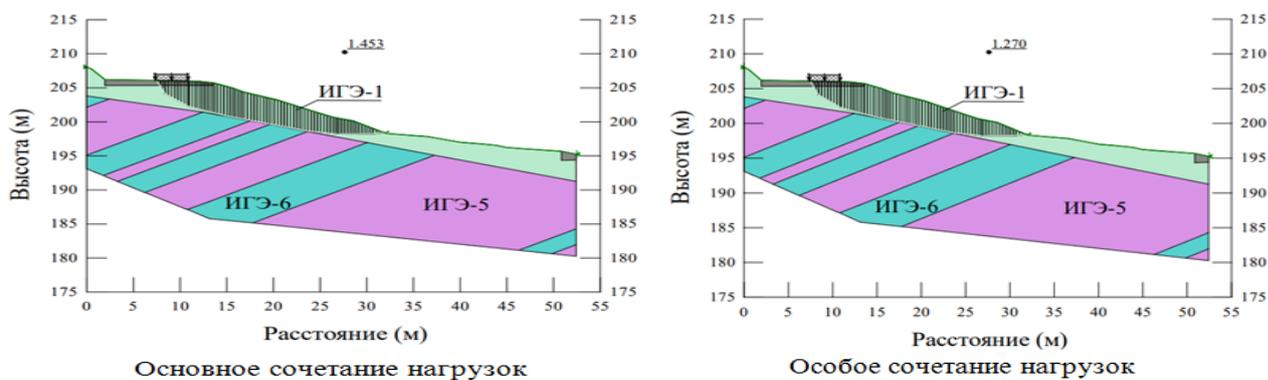


Рис. 5. - Устойчивость склона в разрезе 3–3. Метод расчета Янбу

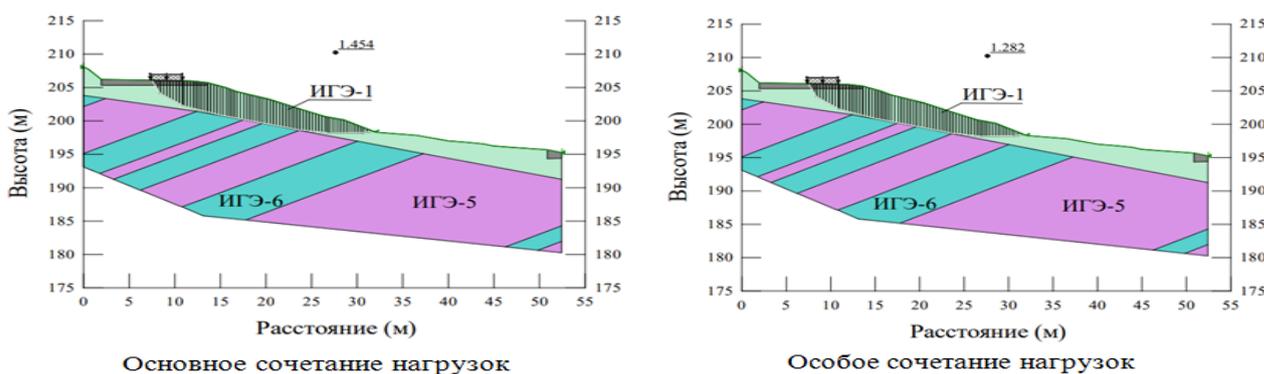


Рис. 6. - Устойчивость склона в разрезе 3–3. Метод расчета Бишопа

В сводной таблице 2 представлены результаты расчетов коэффициентов устойчивости.

Таблица 2

Результатов расчета коэффициента устойчивости

Метод анализа	Коэффициент устойчивости	
	Основное сочетание нагрузок	Особое сочетание нагрузок
Разрез 2-2		
Моргенштерна-Прайса	0,990	0,909
Янбу	0,993	0,915
Бишопа	0,996	0,910
Разрез 3-3		
Моргенштерна-Прайса	1,450	1,273
Янбу	1,453	1,270
Бишопа	1,454	1,282

В качестве основной прогнозной поверхности скольжения при сейсмическом воздействии была выбрана поверхность, обладающая наибольшей глубиной залегания, так как лабораторными исследованиями было выявлено: выбор поверхности с наименьшим коэффициентом устойчивости привел к тому, что прогнозная поверхность скольжения опустилась глубже - коэффициент устойчивости оказывается чуть выше минимального значения, но он все еще остается значительно ниже предельно допустимого.

По завершению инженерных изысканий при проектировании инженерной защиты на рассматриваемом участке сформированы следующие рекомендации:

- в процессе разработки удерживающих конструкций предпочтение отдаётся использованию свайных фундаментов, опирающихся на скальные породы - мергель, песчаник;

- необходимо разработать стратегии для управления поверхностным стоком, целью которых является максимальная сохранность его природных свойств, учитывая что новые дорожные сооружения будут влиять на

беспрепятственное движение поверхностных вод, создавая затруднения для их естественного течения;

- во избежание активизации потенциально опасных процессов в процессе строительства и эксплуатационных работ не допускать: применения подрезок склона без реализации защитных мер при возведении удерживающих сооружений, переувлажнения грунтовых масс подземными и поверхностными водами, пригрузки склонов отвалами техногенного происхождения;

- возникает возможность формирования техногенного водоносного горизонта типа «верховодка» при разрыхлении в процессе строительства делювиального покрова в зоне переменной влажности и на участках с близким к поверхности уровнем подземных вод: при рытье котлованов учесть водоотлив и во избежание заполнения водой котлованов и выемок рытье проводить в сухое время года;

- рассчитать снижение динамических нагрузок от действия тяжелых механизмов и движущегося транспорта;

- обеспечить создание плотных грунтовых распределительных подушек из песка, гравия, щебня или крупнообломочных грунтов с фрагментами исходных горных пород, в частности при неровностях скальных оснований;

- стремиться к сохранению или реконструкции почвенно-растительного покрова, защищающего от появления и развития водно-эрозионных процессов, в частности от плоскостного смыва и линейной эрозии.

Литература

1. Маций С. И., Безуглова Е. В. Геотехнический мониторинг транспортных сооружений на участках активного развития оползневых смещений грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2017. №4. С. 36-40.

2. Kuzyakina M. V., Gura D. A., Sekisov A. N., Granik N. V. Assessment of Potential Forest Biomass Resource on the Basis of Data of Air Laser Scanning // Advances in Intelligent Systems and Computing. Voronezh and Samara: Cham: Springer, 2019. Pp. 403-416.

3. Рыбалко А. С., Коженко Н. В. Обследование и реконструкция зданий и сооружений // Актуальные вопросы экономики и технологического развития отраслей народного хозяйства. Краснодар: Магарин Олег Григорьевич, 2016. С. 151-156.

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

5. 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.

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

7. Копытов Д. Ю., Овчинникова С. В., Коженко Н. В. Интегрированное применение методов расчета устойчивости оползневых склонов // Инженерный вестник Дона, 2024. № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9425

8. 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

9. Любарский Н. Н., Маций С.И., Безуглова Е.В. Полуколичественная оценка оползневых рисков на автомобильных дорогах Краснодарского края // ГеоРиск. 2013. №1. С. 60-64.

10. Нехай Р. Г. Состав организационно-технологической документации и выбор вариантов производства работ // Актуальные вопросы экономики и технологического развития отраслей народного хозяйства. Краснодар: Магарин Олег Григорьевич, 2016. С. 136-143.

References

1. Matsiy S. I., Bezuglova E. V. Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov. 2017. №4. pp. 36-40.
2. Kuzyakina M. V., Gura D. A., Sekisov A. N., Granik N. V. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. pp. 403-416.
3. Rybalko A. S., Kozhenko N. V. Aktualnyye voprosy ekonomiki i tekhnologicheskogo razvitiya otrasley narodnogo khozyaystva. 2016. pp. 151-156.
4. Nomdorov R. Universum. 2023. №11-7. pp. 7-9.
5. Mezhyan S. A., Tsorayeva E. N. Zemleustroystvo, kadastr nedvizhimosti i monitoring zemelnykh resursov. 2020. pp. 35-39.
6. Tsorayeva E. N., Bayeva N. A. Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo Slavyanskogo universiteta. 2020. pp. 35-39.
7. Kopytov D. YU, Ovchinnikova S. V., Kozhenko N. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024. № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9425
8. Ovchinnikova S.V., Priss O.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2016. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3951
9. Lyubarskiy N. N., Matsiy S.I., Bezuglova E.V. GeoRisk. 2013. №1. pp. 60-64.
10. Nekhay R. G. Aktualnyye voprosy ekonomiki i tekhnologicheskogo razvitiya otrasley narodnogo khozyaystva. 2016. pp. 136-143.

Дата поступления: 13.01.2025

Дата публикации: 25.02.2025