РАЗДЕЛ VI. АРХИТЕКТУРА

Малянова Л.И.^{1,2}, Петров И.И.¹, Егоров А.В.³

Возможности проектирования автомобильных дорог на склонах, подверженных эрозионно-оползневым процессам

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

²ФГБОУ ВО «Чебоксарский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет»
(Россия, Чебоксары)

³ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-Дорожный государственный технический университет»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/scienceconf-09-2021-08

Аннотация

Развивающаяся экономика активно влияет не только на экономику страны, но также и на объекты инфраструктуры, в частности автомобильные дороги. Городская транспортная сеть городов Советского Союза не предполагала такого большого потока транзитного транспорта и требует строительства объездных городов. Трудности встречаются везде, проектирование и строительство автомобильных дорог на набухающих грунтах имеет относительно узкую направленность, однако расширение знаний в данном направлении затрагивает сопутствующие методы проектирования. Расширение знаний в данном направлении повысит не только теоретическую базу, но и даст толчок развитию практических знаний.

Ключевые слова: эрозия, оползни, набухающие грунты, набухающие глины и суглинки, геосинтетические материалы, объездные дороги.

В связи с развитием экономики, крупным нацпроектам и освоением новых территорий вновь становятся актуальны задачи, которые раньше старались обходить стороной. В развивающихся городах вся благоприятная земля отведена под частную застройку. Для развертывания крупных строек пространства нет. Поэтому зачастую остаются лишь участки, где в основании залегают слабые, просадочные или набухающие грунты [7].

Строительство новых автомобильных дорог ведётся повсеместно, активно прорабатываются проекты увеличения пропускной способности и безопасности федеральных и региональных дорог. Увеличение пропускной способности и безопасности в первую очередь достигается посредством увеличения количества полос движения и строительством пересечений в разных уровнях (развязок, путепроводов). Однако узкими местами остаются участки дорог, проходящие по территории городов и населённых пунктов. В условиях плотной городской застройки, а также для снижения негативного воздействия на экологию, единственным правильным решением остаётся строительство объездных дорог [1,2,3].

Строительство объездных дорог зачастую предполагает различные трудности различного характера. Даже там, где первоначально не должно быть сложностей, встречаются уникальные случаи.

Идея строительства обхода города Дербент выдвигалась ещё давно, но активно прорабатываться только ближе к 2015г. Его первоначальная цель – освобождение улиц города от транзитного транспорта, оптимизация маршрутов пересечения Дербентского района и положительное влияние на экологию Дербента. На сегодняшний день федеральная трасса Р-217 будет поэтапно реконструироваться в Ib категорию, так как она должна стать главным транспортным коридором «Север-Юг», призванной

соединить через Россию (Дагестан) Европу с Азией и строительство обода г. Дербент является одним из масштабных этапов реализации всего проекта. Данный объект был включен в целевую программу «Автомобильные дороги» федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)» [6].

Город Дербент располагается на западном побережье Каспийского моря, на участке, где горы Большого Кавказа ближе всего подходят к Каспийскому морю, оставляя лишь узкую трёхкилометровую полосу равнины, на которой, собственно, и расположился город. Проектирование новой дороги в данном случае возможно выполнить только западнее города, по горам Большого Кавказа, за горой Джалган и Ачигсырт [5].

В ходе инженерных изысканий и визуального обследования было выявлено обширных эрозионных процессов на склонах, ущельях и долинах (дальний план правой части рисунка 1).

По результатам инженерно-геологических изысканий по участкам предполагаемого направления строительства были вскрыты следующие грунты:

Таблица 1

Наименование грунта	Удельный вес в ест. сост./при полном водонасыщ. γ , кН/м ³	Эффект./Одометр. модуль деформ. E'/E_{oed} * МПа	Коэф. Пуассона ν	Удельное сцепление грунта C , кПа	Угол внутр. трения ϕ , град	Коэф. фильтр., м/сут	Коэф. пористости
ИГЭ1а Суглинок полутв.	19,23/19,62	11,8,1/19,0	0,35	27	20	0,05	0,63
ИГЭ5а Суглинок тв. Сильно набухающий	19,13/19,33	15,58/25,0 (0,249/0,4)**	0,35	38 / 5**	16 / 5**	0,05	0,65
ИГЭ7а Глина тв. Сильно набухающая	18,84/19,0	10,73/23,0 (0,117/0,25)**	0,4	66 / 4**	17 / 4**	0,005	0,72
Песок в КДО	19,54/20,1	9,47/15,2	0,3	34	23,9	5,0	0,6

Примечание:

*Эффективный модуль деформации E' вычислен расчетной программой автоматически на основе предоставленного в исходных данных одометрического модуля упругости E_{oed} . В таблице приняты минимальные значения прочности при доверительной вероятности 0.95 (для расчетов по первому предельному состоянию).

** Теоретические значения при наибольшем набухании, при потере структурных связей в грунтах.

На этапе разработки основных проектных решений в районе предполагаемого строительства произошёл оползень (рисунок 1, 2), который заставил детально изучить причины и возможные последствия.

Рисунок 1. Блоковый техногенный оползень (общий вид), май 2020 г.

Рисунок 2. Блоковый техногенный оползень (линия обрушения), май 2020 г.

Набуханием грунтов называется их способность увеличивать свой объем и развивать давление набухания в процессе гидратации или взаимодействия с химическими растворами. Набухающие грунты – это один из видов структурно-неустойчивых грунтов. Следовательно, им присуща способность к резкому снижению прочности структурных связей между частицами при определенных воздействиях во время строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

По исследованиям и аналитическим заключениям Крамаренко В. В. были сделаны следующие выводы, из них можно выделить ключевые относящиеся к строительству автомобильных дорог [4]:

- полное набухание проявляется при нарушении природного сложения глинистых грунтов. например при разработке земляных карьеров и укладке в насыпи;
- основная масса покровных отложений, венчающих геологические разрезы, имеет четвертичный возраст. Перекрытые ими до четвертичной глинистой породы должны набухать сильнее в силу более высокой плотности, меньшей влажности, разгрузки при вскрытии грунтов в выемках и разрушения структурных связей при выветривании. Наиболее интенсивно процессы набухания-усадки протекают в зонах переменного температурно-влажностного режима, например, в откосах насыпей;
- глины, вмещающие, перекрывающие и подстилающие пласты водоносных песков, не размягчаются подземными водами, а как бы консервируются; подземные воды не влияют на склонность коренных глин к набуханию.

Для моделирования и оценки процессов, протекающих в данном районе, был применён программный комплекс Geo5 для расчёта устойчивости склона (рисунок 3).

Рисунок 3. Поперечное сечение склона с участком обрушения и предполагаемым контуром проектируемой дороги в ПК Geo5

На протяжении продолжительного времени под действием эрозионных процессов, вызываемых непостоянными водотоками, подошва склона постоянно подмывалась. В результате чего происходило накопление критических сил обрушения. После очередных осадков силы смещения оказались больше, чем удерживающие склон и произошло обрушение склона по кривой обрушения.

Устойчивость участка была рассчитана в пределах образовавшегося оползня (рис.4). По полученным результатам расчётов в программном комплексе, склон характеризуется как относительно стабильный, то есть устойчивость обеспечена при собственной нагрузке и становится не обеспечена при дополнительной нагрузке, при которой он будет подвержен дальнейшим деформациям.

Рисунок 4. Теоретическая кривая обрушения фактического оползня

Наибольшие опасения вызывают предполагаемые изменения рельефа склона, вызванные строительством автомобильной дороги. Вскрытые слои набухающего суглинка и глин будут способны аккумулировать достаточные объёмы воды. При отсутствии нагорных канав в выемки, будут развиваться эрозионные процессы, выраженные промоинами в верхних и средних частях склона. Дополнительная нагрузка набухшего грунта, дороги и транспорта приведет к потере устойчивости склона и массивному оползню (рисунок 5).

Рисунок 5. Теоретическая кривая обрушения целого склона

Данные опасения вызваны в первую очередь тем, что при замачивании удельное сцепления грунта и угол внутреннего трения падают в несколько раз. Следовательно, первостепенной задачей по защите должны быть предотвращение образования эрозионных промоин и недопущение глубинного замачивания грунта [9].

Возможными вариантами предотвращения поверхностной эрозии и поступления влаги в набухающие грунты были рассмотрены:

- Гидроизоляция вскрываемых частей откосов и насыпей, для сохранения стабильного сухого состояния основания;
- Стабилизация грунтов основания путём внесения добавок (цементирования);
- Для первого и второго случая дополнительное армирование выемки (насыпи) высокопрочными геосинтетическими материалами, при набухании и ослаблении связей грунтов основания.

Геотехническая оценка последствий эрозионных процессов во времени и способов их упреждения имеет на данном объекте ключевое значение, т.к. от полученных результатов будет зависеть судьба данного объекта. Каждый из методов имеет право на существования и требует детальной оценки эффективности с точек зрения обеспечений коэффициентов надёжности, технологичности и стоимости [8,10].

Выводы: Геотехническая оценка последствий эрозионных и оползневых процессов во времени востребованное направление, так как оно позволяет оценить принятые решения в различных сценариях, первостепенной задачей стоит применение этих методик на этапе проектирования для повышения надежности сооружений изначально, тем самым повышая коэффициенты эффективности капиталовложений и исключая нештатные ситуации при эксплуатации сооружений и незапланированные вложения на восстановление.

1. Реконструкция автомобильных дорог / А.П. Васильев, Ю.М. Яковлев, М.С. Коганзон и др. — М., 1998.-125 с.
2. Васильев А.П. Пути совершенствования норм проектирования автомобильных дорог // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог: задачи и решения. — М., 2001. — С. 4-19. — (Сб. тр. МА-ДИ (ГТУ)).
3. Автомобильные дороги и мосты. Биологические методы укрепления откосов и рекультивация земель, нарушаемых при строительстве автомобильных дорог, Информавтодор, Москва 2007
4. Крамаренко В.В. Грунтоведение: учебник для вузов / В.В. Крамаренко. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 430 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01339-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451077>
5. Дербент, Википедия [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Дербент>
6. Подробности проектов объездных дорог вокруг Хасавюрта и Дербента, РиаДербент [Электронный ресурс] URL: <https://riaderbent.ru/ria-derbent-stali-izvestny-unikalnye-podrobnosti-proektov-obezdnyh-dorog-vokrug-hasavyurta-i-derbenta.html>
7. Улицкий В.М., Шашкин А.Г. Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
8. В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям).
9. Мангушев, Р.А. Учет технологических осадок существующих сооружений при строительстве около них новых зданий с развитым подземным пространством / Р.А. Мангушев, А.В. Гурский, Д.А. Сапин // Инженер-но-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений /Сб. тр. Всероссийской научн.-техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. - С. 9-22.
10. Мирсаяпов, И.Т. Результаты геотехнического мониторинга несущих конструкций здания при реконструкции / И.Т. Мирсаяпов, Р.Р. Хасанов, Д.Р. Сафин // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / Сб. тр. Всероссийской научн.-техн. конф. 1-3 февраля 2017 г. - СПб., 2017. - С. 164-169.