РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Научная статья

УДК 624.151.2
EDN: AXJHOT

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН СПОЛЗАНИЯ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ

Нагапет Амирханович Устян✉

ООО «ГЕО-ПРОЕКТ»,
Санкт-Петербург, Россия
nagapet_ustyan@mail.ru✉

Аннотация. *В статье рассмотрены некоторые вопросы сползания откосов насыпей эксплуатируемых автомобильных и железных дорог в разных регионах Российской Федерации, в том числе первичные признаки сползания, некоторые методы их прогнозирования, характер и виды. Указаны краткие характеристики сложных оползнеопасных участков на переходах выемки в насыпь и даны пояснения механизма попадания воды в насыпь из глинистых грунтов и возможных последствий. Показаны и описаны примеры разрушения откосов дорог с пояснением причин из личного опыта автора. Описаны методы восстановления на конкретных объектах с иллюстрациями проектных решений для отдельно взятого участка с устройством дренажа для вывода воды из насыпи. Приведены примеры практического опыта проектирования с применением современных геосинтетических материалов. Даны некоторые рекомендации по технологическим особенностям восстановления откосов с применением геообойм.*

Ключевые слова: *насыпи автомобильных дорог, сползание откосов насыпи, восстановление откосов, геообоймы, дренаж.*

Для цитирования: Устян Н.А. Исследование причин сползания откосов земляного полотна и предложения по их предотвращению // Дороги и мосты. 2024. № 52/2. С. 169-188.

ROAD REPAIR AND MAINTENANCE

Original article

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF SLIDING OF THE SLOPES OF THE ROADBED AND PROPOSALS FOR THEIR PREVENTION

Nahapet A. Ustian

«GEO-PROJECT» LLC,
Saint-Petersburg, Russia
nagapet_ustyan@mail.ru ✉

***Abstract**: The article deals with some issues of sliding of em-bankment slopes of operated roads and railways in different regions of the Russian Federation, including primary sliding signs, some methods of their forecasting, nature and types. Brief characteristics of complex landslide-prone areas at the transition zones of cutting into the embank-ment are indicated and explanations of the mechanism of water enter-ing the embankment from clay soils with subsequent consequences are given. The examples of the destruction of road slopes are shown and described, with an explanation of the reasons based from the author's personal experience. The restoration methods at specific sites are de-scribed with illustrations of design solutions for a single site with a drain-age device for removing water from the embankment. The examples from the practical experience of designing using modern geosynthetic materials are given. Some recommendations on the technological fea-tures of slope restoration using geoholders are given.*

***Keywords**: road embankments, embankment slopes sliding, restoration of embankment slopes, geoholders, drainage.*

For citation: Ustian N.A. Investigation of the causes of sliding of the slopes of the roadbed and proposals for their prevention // Roads and Bridges. 2024; (52/2): 169-188. (In Russ.)

ВВЕДЕНИЕ

В своей производственной деятельности, вероятно, проектировщики и специалисты по земляному полотну сталкивались с проблемой разрушения (сползания) откосов строящейся и эксплуатируемой автомобильной дороги и знакомы с причинами возникновения, а также способами устранения такого повреждения. Следует отметить, что данное явление носит ощутимый характер и имеет достаточно существенные материальные, организационные и кадровые последствия. Восстановление в ряде случаев требует больших затрат, связанных с продолжительным ограничением или закрытием движения на аварийном участке дороги. При этом возникает вопрос о необходимости принятия мер по восстановлению откосов быстро, качественно и с минимальными затратами.

Следует отметить, что данная проблема не нова. Сползание откосов насыпи происходило как при строительстве, так и при эксплуатации дорог на протяжении многих десятков лет. Этому вопросу посвящены многочисленные работы Э.М. Доброва, М.Н. Гольдштейна, А.А. Бартоломея, А.Н. Богомолова, И.В. Федорова, Г.М. Шахунянца, А.М. Кулижникова и др. Однако задача прогнозирования и ликвидации оползания откосов насыпей актуальна и в настоящее время **[1, 2]**. Среди различных причин, которые вызывают это негативное явление, следует отметить основную – избыточное наличие (или поступление) воды в теле насыпи. Тем не менее, в каждом конкретном случае требуется особое решение, с учетом геологического, технического, организационного, экономического и других факторов. В данной статье анализируются некоторые возможные причины сползания откосов на основании личного практического опыта автора.

Причины сползания откосов при отсыпке насыпи

При отсыпке насыпи сползание откосов может быть обусловлено неправильным выполнением земляных работ (односторонняя планировка основной площадки, при которой дождевая вода стекает на откос и смывает или разжижает глинистый грунт откоса), применением глинистых грунтов с большой влажностью или мерзлого грунта **(рис. 1)**, некачественной подготовкой основания, при отсутствии нарезания уступов или плохого уплотнения

откосной части. В отдельных случаях сползание откосов наблюдается из-за организации движения землевозной техники по краю насыпи.

Рис. 1. Сползание откоса после оттаивания мерзлого грунта, отсыпанного в зимний период

При сползании откоса в процессе отсыпки насыпи последствия могут быть быстро устранены, обычно без специального выяснения и анализа причин. Особо следует выделить работы, касающиеся сооружения насыпи на слабых грунтах и на болотах, когда даже незначительное нарушение технологии может спровоцировать сползание откосов.

На эксплуатируемых дорогах сползание откосов чаще всего происходит из-за плохой организации поверхностного стока воды с дороги, отсутствия водоотводных канав, слабого укрепления или устройства более крутых откосов на грунтах с низкой несущей способностью. Однако следует иметь ввиду, что сползание обычно обусловлено совокупностью факторов, а наиболее значимый из них является триггером процесса. Тем не менее, важно отметить, что благодаря применению современных методов исследования с использованием георадаров **[2]**, инклинометрии **[3]**, лазерного сканирования дорог, наряду с изучением первичных признаков, можно с большой долей вероятности определить места сползаний,

устанавливая возможные источники их возникновения на конкретном участке. Так, в случае отсутствия прикромочного водоотвода и телескопических лотков вода стекает непосредственно на откос, частично впитывается в насыпь через разуплотненные участки у стоек ограждения, что приводит к переувлажнению грунта откоса (особенно в конце спуска, где происходит значительное накопление воды), а в конечном итоге – к сползанию откоса. Кроме техногенных случаев (землетрясение, сель, наводнение и т.д.), сползание откосов характеризуется первичными признаками: трещинами на откосах **(рис. 2 а)**, просадками дорожного покрытия, нарушением стыка между бордюрным камнем и асфальтобетонным покрытием **(рис. 2 б)**, зажатием или искривлением водоотводных канав и т.д.

а) *б)*

Рис. 2. Признаки сползания откоса насыпи:
а) трещины на откосах;
б) нарушение стыка между бордюрным камнем и асфальтобетонным покрытием

Значительное влияние на процесс сползания оказывает отсутствие водоотводных канав вдоль дорог. По этой причине

произошло значительное разрушение откоса на автомобильной дороге Р-240 «Уфа – Оренбург» в 2019 г. **(рис. 3)**. Увеличению сдвиговых напряжений способствовало переувлажнение грунтов и излишнее нагружение матрацами «Рено» откосов насыпи при их укреплении. Из-за отсутствия дорожного водоотвода, переувлажнения нижней части откоса и капиллярного поднятия вод, на границе контакта переувлажненных глинистых и песчаных грунтов возникло образование локальных поверхностей скольжения, что привело к сдвигу по поверхности верхней толщи грунтов.

Рис. 3. Разрушение откоса на автомобильной дороге Р-240 «Уфа – Оренбург»

Следует отметить, что сползание откоса на данном участке уже возникало, впоследствии было произведено его восстановление с укреплением матрацами «Рено», однако основная причина не была устранена. Из-за отсутствия прикромочного водоотвода продолжалось попадание воды в откос, при этом ввиду его существенного утяжеления, вновь произошло сползание в значительном объеме вместе с элементами укрепления.

Несколько в иных обстоятельствах произошло сползание откоса на дороге Р-228 «Сызрань-Саратов» весной 2023 г. Разрушение возникло под воздействием воды, попавшей под дорожную одежду из выемки, за которой идет спуск к трубе, на участке длиной 60 м с правой стороны трубы, от места перехода выемки в

насыпь **(рис. 4)**. При первичном осмотре установили, что без притока воды в откос насыпи сползания не возникло бы. Однако требовалось установить, откуда попадает вода, так как был устроен поверхностный водоотвод. Допустили, что причиной могла быть протечка водоприемного колодца, расположенного на обочине дороги, что не было подтверждено результатами осмотра. Наконец, было выдвинуто предположение, что вода попадает в насыпь из выемки, как это уже встречалось многократно на практике. Работы по вскрытию грунта откоса при восстановлении подтвердили данное предположение. Частично вода из верхнего горизонта уходила по кювету, а часть попадала под дорожную одежду. При том, что насыпь отсыпана из глинистых грунтов и уплотнена, водопоглощение затруднено, поэтому основная часть воды стекает до нижней точки (обычно до трубы или моста), выходит на откос, что вызывает его значительное обводнение. В результате происходит переувлажнение всей насыпи, начинаются деформации дороги, а откос сползает вниз под воздействием сил гравитации и собственного веса.

Рис. 4. Сползание откоса на автомобильной дороге Р-228 Сызрань-Саратов

Подобные явления чаще происходят весной, когда приток воды особенно интенсивен, а оттаявший грунт откоса после зимы размягчается и интенсивно впитывает влагу.

Причиной другого обрушения откоса явилось перекрытие существующих водоотводов при уширении двухполосной дороги до четырехполосной. Согласно проекту отсыпка насыпи была произведена встык с существующей, при этом водоотвод старой дороги был засыпан без обеспечения отвода воды из-под насыпи. Было выполнено устройство нового водоотвода, запроектированного по краю новой полосы, по которому не удалось обеспечить отвод воды. При этом вода из старого водоотвода непосредственно проникала в насыпь, что и привело к ожидаемым последствиям – откос разрушился спустя год **(рис. 5)**. Наличие воды в насыпи полностью подтвердилось после вскрытия откоса. Возникшую ситуацию можно объяснить тем, что при проектировании не были учтены существующие водоотводы, при изысканиях они не были нанесены на план и описаны, поскольку не были визуально различимы. Кроме того, не была запрошена у эксплуатирующей организации схема водоотвода.

Рис. 5. Место выхода воды после срезки откоса при восстановлении

В подобных случаях, при холмистом рельефе местности с длинными спусками, водоносные горизонты с грунтовыми водами пролегают неглубоко (1-1,5 м) и разгружаются в ручей или в речку, находящиеся ниже. Но в некоторых случаях подземные воды могут иметь 2-3 горизонта на разных уровнях. После разработки выемки верхний водоносный горизонт оказывается перерезанным, и вода выходит наружу уже на стыке выемки с насыпью, но чуть ниже, чем дно кюветов. Нижележащие горизонты после отсыпки земляного полотна сильно пережимаются, и вода начинает подниматься выше вместе с первым горизонтом и затапливает насыпь.

К такому выводу пришли и на примере другого объекта – дороги М-5 «Урал» на участке км 1480-1494, где имеется мост через р. Юрмаш. Подход к мосту обрушился уже 4 раза, причем с выдавливанием грунтового основания из-за чрезмерного насыщения водой снизу **(рис. 6)**. Результатами нескольких проведенных обследований было подтверждено, что из выемки под насыпь течет вода. Учитывая это, был устроен перехватывающий дренаж на месте перехода из выемки в насыпь. Воду вывели в дренаж вдоль откоса, но весной откос опять сполз вместе с основанием. Из-под опоры моста вышла вода, что свидетельствует о том, что не вся вода была перехвачена сверху.

Рис. 6. Разрушение откоса насыпи на подходе к мосту через р. Юрмаш (верхний слой насыпи срезан)

Стало очевидным, что вода течет вниз по нескольким горизонтам, которые весной имеют особенно большой дебит и являются практически напорными, так как длина спуска составляет более 1200 м. Дренажем был перехвачен только верхний горизонт подземных вод, а нижние так и остались незамеченными **(рис. 7)**.

Данные примеры показывают, что инженерно-геологические изыскания в таких зонах должны быть более углубленными, выполняться по программе, позволяющей раскрыть весь инженерно-геологический разрез, в частности на подходах к мостам, на косагорных участках, под высокими насыпями и в других местах, где возможен выход подземных вод. Исследования и обследования, проведенные с запозданием, с привлечением различных специалистов и организаций, в большинстве случаев позволяют прояснить практически всю картину уже сложившейся ситуации. Однако устранение указанных выше сползаний откосов уже привело к значительным финансовым и материальным затратам, оттягиванию срока ввода объекта в эксплуатацию, ограничению или полному прекращению движения транспорта на аварийном участке. Возникает вопрос, какие меры необходимо предпринять во избежание возникновения подобных случаев.

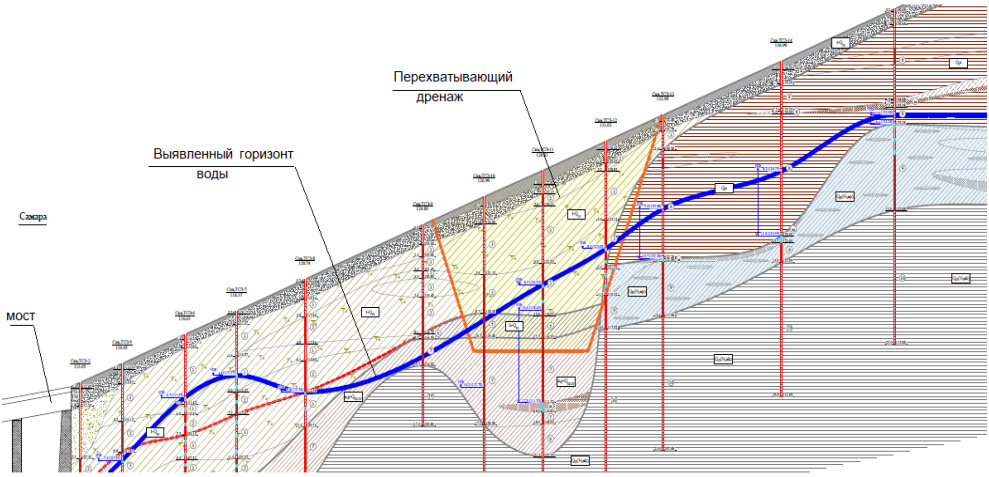

Рис. 7. Продольный профиль участка с верхним водоносным горизонтом (по итогам обследования)

План мероприятий по предупреждению сползаний откосов насыпей автомобильных дорог

Необходимо отметить, что при восстановлении откосов насыпи, как правило, имеется очень ограниченный перечень исходных данных. Обычно известны только место и длина участка сползания, частично геология (вид грунта насыпи, иногда тип грунтов в основании насыпи с уровнем грунтовых вод). Во многих случаях для полноценного проектирования отсутствует другая важная исходная информация: источник воды и ее расход, поступающий в насыпь; места проникания воды в насыпь; перепад уровня воды в зависимости от сезона (верхний и нижний); степень влажности глинистых грунтов насыпи; состояние придорожной полосы (заболоченность); состояние канав, кюветов; степень их обводненности; данные о наблюдении за этим участком; наличие пригодного для отсыпки грунта и щебня, техники и т.д. Для того, чтобы приступить к разработке проекта восстановления (а иногда и непосредственно к его реализации), требуется на основании практического опыта и понимания возникновения и развития данного явления именно на конкретном участке, учесть все известные факторы с целью определения истинной причины самого оползня. Поэтому только правильно определив причину, можно разработать эффективные мероприятия по ее устранению имеющимися на месте силами и средствами. Без выявления истинных причин восстановление не приведет к нормальной работе дороги, а процесс с оползанием откоса будет повторяться неоднократно. Очевидно, что в таких случаях целесообразно отсрочить проведение восстановительных работ (при условии организации движения с частичным перекрытием проезжей части). При этом с привлечением только специалистов, имеющих соответствующий опыт и знания в области механики грунтов, геотехники, геосинтетики, гидрологии, технологии производства земляных работ, произвести обследования, включая опрос представителей эксплуатирующей организации, выкапывание шурфов или траншей для выявления водоносной жилы или горизонта. В противном случае в следующем году может потребоваться повторное восстановление того же самого откоса.

Кроме того, в некоторых случаях сползший откос полностью или частично может перекрывать водопропускную трубу, что

чревато не только затоплением дороги, но и ее полным разрушением, вместе с трубой **(рис. 8)**.

Рис. 8. Забитая грунтом насыпи труба после сползания откоса (ЯНАО, 2013 г.)

В таких случаях именно от умения специалистов оперативно принимать соответствующие решения (как проектные, так и технологические) зависит состояние откосов или участка дороги в целом.

Тем не менее, имеются основополагающие правила, которые рекомендуется применять при разработке проектных решений по восстановлению сползших участков дороги, в том числе:

1. наличие в достаточном объеме сведений для проектирования, прежде всего по инженерно-геологическим и инженерно-гидрологическим изысканиям, об особенностях грунтового основания насыпи, о горизонтах и характере протекания подземных вод. При отсутствии таких данных требуется исходить из худшего варианта и применять решения по максимальному обеспечению надежности конструкции;
2. привлечение специалиста при обследовании аварийного участка; фото- и видеофиксация объекта с подробными комментариями осмотра на месте; опрос специалистов эксплуатирующей организации, местных жителей и т.д.;
3. в зависимости от применяемого грунта и высоты насыпи необходимо правильно выбрать крутизну откоса, проверить его

устойчивость и осадку (смоделировать с применением геотехнических расчетных программ), при необходимости укрепить геоматериалами или другими способами;

4. устранение притока воды в откосную часть насыпи как снизу, так и сверху; рекомендуется устройство прикромочных дренажей, лотков или канав во избежание попадания воды в откос сверху и подсоса с нижней части насыпи;

5. устройство на протяженных спусках перехватывающего дренажа в местах перехода из выемки в насыпь с выводом воды в телескопические лотки или в канаву, не допуская сток воды вниз по насыпи **(рис. 9)**;

6. устройство на спусках, особенно на участках, где выемка переходит в насыпь, или на подходах к мостам, перехватывающего или плоскостного дренажа из щебня в основании насыпи в 30-50 м до устоя моста;

7. организация геомониторинга данного участка после восстановления, при необходимости принятие превентивных мер по сохранению откоса.

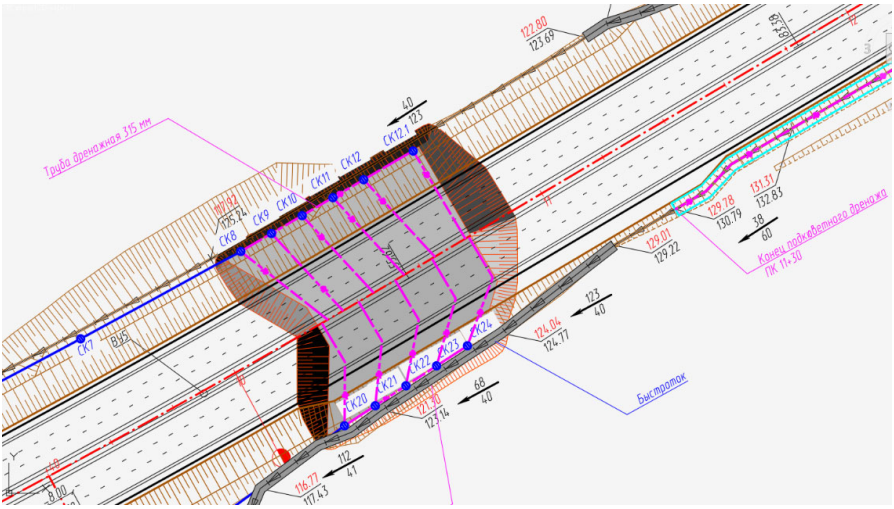

Рис. 9. Перехватывающий дренаж

Восстановление разрушенного откоса с применением геообойм

Однако на практике чаще возникает вопрос восстановления уже разрушенного откоса, поэтому в данной статье приведены некоторые варианты с применением только геообойм, как наиболее экономически выгодный и приемлемый в большинстве случаев способ. Например, на **рис. 10** показана конструктивная схема восстановления откоса насыпи после его сползания. Установлено, что причиной разрушения была вода, которая попала в тело насыпи с поверхности дороги, не имеющей прикромочных лотков.

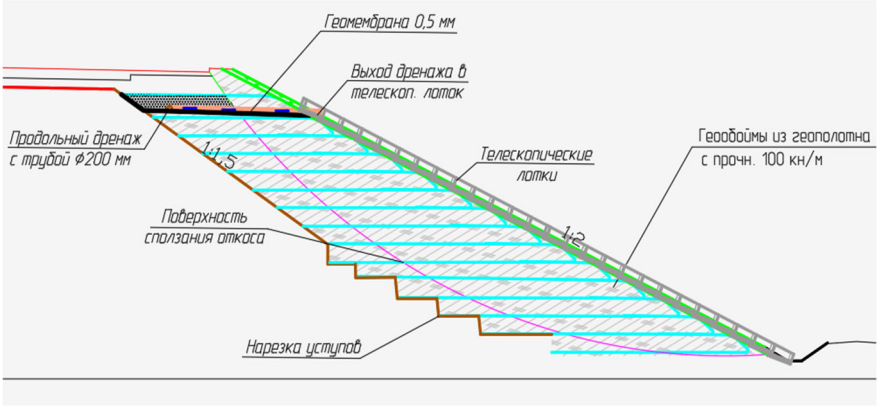

Рис. 10. Восстановление откоса с применением геообойм с выводом воды в телескопический лоток

В данном случае основными удерживающими элементами являются геообоймы из геополотна с разрывной нагрузкой 100 кН/м, заполненные ранее срезанным грунтом откоса. Чтобы втекающая вода не впитывалась далее в насыпь, внизу уложены геомембрана и слой щебня для сбора воды, который защищен от кольматации геотекстилем. С помощью продольных и поперечных дренажных труб накопленная вода выводится из насыпи в телескопический лоток. При применении данной конструкции целесообразно использовать щебень фракции 20-40 мм и дренажные трубы с перфорацией на 1/3 диаметра для более полного выпуска

воды, как указано в ОДМ 218.2.055–2015[1]. Решение в приведенном примере применяется при восстановлении откоса, в условиях эксплуатации дороги и отсутствии возможности устройства перехватывающего дренажа на всю ширину проезжей части.

Примерно в такой же ситуации без закрытия движения было принято решение по восстановлению разрушенного участка с применением внутреннего дренажа из щебня с перфорированными трубами, чтобы вывести воду из насыпи. Такое решение было обусловлено также и тем, что вода протекала глубоко внутри насыпи, а щебеночный дренаж позволяет сохранить насыпь и эксплуатировать дорогу практически с частичной разборкой насыпи. Для восстановления участка были применены геообоймы, а для производства работ временно была закрыта только одна полоса дороги **(рис. 11)**.

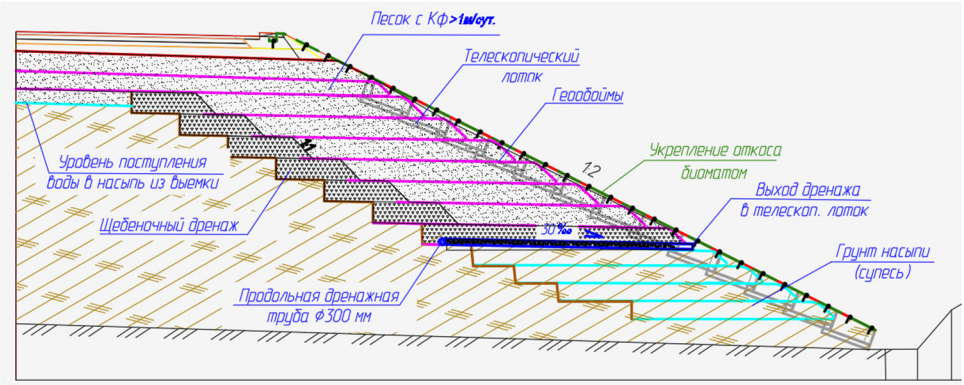

Рис. 11. Схема восстановления откоса на дороге Р-228 «Сызрань-Саратов» с применением геообойм и устройством внутреннего ступенчатого дренажа из щебня

Для улучшения выхода воды из тела насыпи были использованы пластиковые трубы диаметром 300 мм. Следует отметить,

[1] ОДМ 218.2.055–2015. Рекомендации по расчету дренажных систем дорожных конструкций / Росавтодор. – М., 2015. – 87 с. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293759/4293759058.pdf (дата обращения: 19.04.2024).

что функционирование дренажа началось сразу после его устройства, выпуск воды осуществлялся из еще недосыпанного откоса насыпи **(рис. 12)**.

Рис. 12. Заключительный этап восстановления откоса с устройством дренажа

Зачастую причиной сползания откоса является вода, которая поступает из другой, более высокой стороны насыпи и впадает в канаву, устроенную с нижней стороны насыпи. Такие откосы, как правило, встречаются на косогорных участках дорог, полях с дренажной системой или при прокладке дорог рядом с существующей дорогой. Признаки сползания откосов проявляются от одного до трех лет, в зависимости от грунта насыпи и напора поступающей воды. Характерной особенностью таких сползаний является разрушение насыпи снизу **(рис. 13)**.

Рис. 13. Разрушение откоса от поступающей воды с противоположной стороны дороги из бывшей мелиоративной сети через 1,5 года после сооружения насыпи

Для восстановления откоса без разборки дорожной полосы (срезав только узкую полосу откоса) также можно применять геообоймы, но с устройством фильтрующей прислоненной бермы из крупного песка, так как необходимо удержать сползающий откос. Кроме функции удержания откоса, геообоймы предотвращают его размыв с суффозным выносом мелких частиц грунта в канаву, так как имеется постоянный приток воды. Для формирования геообойм лучше всего применять крупный песок с $К_ф > 3$ м/сут. и более, что обеспечивает их устройство без дренажных труб **(рис. 14)**. Этот способ можно применять, когда полоса отвода позволяет размещать берму, а постоянный приток воды небольшой – до 0,005 $м^3/м^2$/сут. или имеет сезонный характер. В случае отсутствия крупного песка или если приток воды значительный – более 0,007 $м^3/м^2$/сут., следует устраивать дренажную систему из труб с щебеночной засыпкой **(рис. 11)**. Расчет и проектирование подобных конструкций приведен в ОДМ 218.2.030–2013[2]. Устраивать

[2] ОДМ 218.2.030–2013. Методические рекомендации по оценке оползневой опасности на автомобильных дорогах. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200098295 (дата обращения: 19.04.2024).

берму следует сразу после проявления первых признаков сползания откоса, при образовании трещин, в противном случае потребуется разобрать откос или как минимум одну полосу дороги полностью. Чем быстрее будет укреплен откос, тем выше вероятность сохранить дорогу в целом и избежать более серьезных последствий.

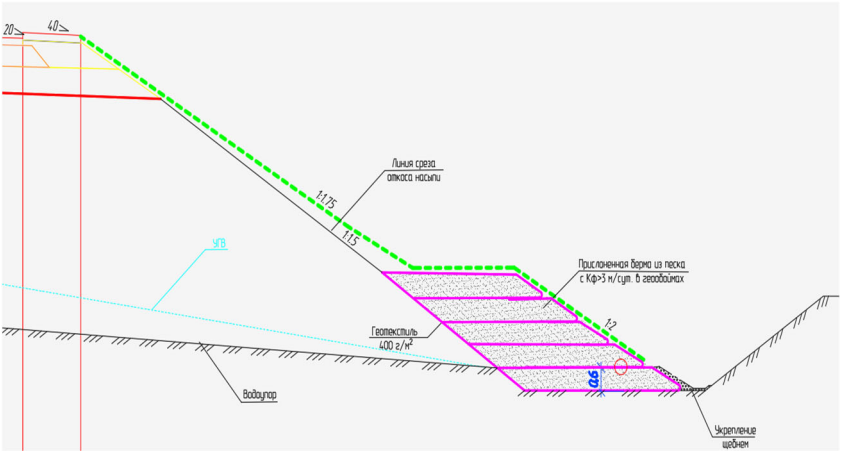

Рис. 14. Восстановление откоса с устройством прислоненной бермы из песка с $К_ф > 3$ м/сут.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подытоживая вышеизложенное, следует отметить, что в статье приведены примеры устранения оползаний откосов только с применением геообойм, не затрагивая другие способы, которые также ранее эффективно были применены автором данной статьи. Однако лучший способ устранения оползаний – их предотвращение, что предполагает выполнение следующих мероприятий:

– при проведении геологических изысканий на подходах к мостам и трубам, расположенным на спусках, необходимо вскрытие водоносных горизонтов путем бурения скважин глубиной не менее 10 м вместо 6 м;

– при реконструкции (уширении) дорог выполнение инженерно-гидрологических изысканий, установление и четкое обозначение горизонтов подземных вод, их дебита в разное время года;

– осуществление геотехнического мониторинга восстановленных участков в течение не менее первых двух лет;

– организация тесного взаимодействия между Федеральными казенными учреждениями, подведомственными Федеральному дорожному агентству, и проектными организациями, с помощью которых были спроектированы конкретные участки дорог;

– обеспечение осмотра ведущими специалистами объектов в ходе строительства и в случаях аварии, с возможностью инструментального обследования участка.

Приведенные выше мероприятия являются минимально необходимыми, которые могли бы позволить резко сократить количество аварийных ситуаций, связанных с оползанием откосов на дорогах страны. Однако на данный момент, к сожалению, следует отметить, что взаимодействие отраслевых проектных и научных организаций с Заказчиками осуществляется не в полной мере, вышеперечисленные работы выполняются в недостаточном объеме, что и приводит к необходимости восстановления не только откосов, но и дорог в целом.

© Устян Н.А., 2024

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Матвеев А.В. Оценка предельной несущей способности тела насыпи» / А.В. Матвеев, Н.А. Устян // Транспортное строительство. – 2001. – № 4. – С. 26-27.*
2. *Кулижников А.М. Обследование оползневых массивов на откосах автомобильных дорог методом георадиолокации / А.М. Кулижников, Р.А. Еремин // Дороги и мосты. – 2012. – № 27/1. – С. 54-64.*
3. *Кулижников А.М. Комплексное обследование оползней / А.М. Кулижников, М.Ю. Баборыкин, Р.А. Еремин // Автомобильные дороги. – 2018. – № 2. – С. 106-113.*

REFERENCES

1. *Matveev A.V. Ocenka predel'noj nesushchej sposobnosti tela nasypi» / A.V. Matveev, N.A. Ustyan // Transportnoe stroitel'stvo. – 2001. – № 4. – S. 26-27.*
2. *Kulizhnikov A.M. Obsledovanie opolznevyh massivov na otkosah avtomobil'nyh dorog metodom georadiolokacii / A.M. Kulizhnikov, R.A. Eremin // Dorogi i mosty. – 2012. – № 27/1. – S. 54-64.*
3. *Kulizhnikov A.M. Kompleksnoe obsledovanie opolznej / A.M. Kulizhnikov, M.Yu. Baborykin, R.A. Eremin // Avtomobil'nye dorogi. – 2018. – № 2. – S. 106-113.*

……...

Информация об авторе

Н.А. Устян – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, ООО «ГЕО-ПРОЕКТ», Санкт- Петербург, Россия

Information about the authors

N.A. Ustian – Ph. D. (Tech.), Associate Professor, Senior Researcher, «GEO-PROJECT» LLC, Saint-Petersburg, Russia.

Рецензенты: канд. техн. наук И.А. Рахимова; канд. техн. наук Р.А. Еремин (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию 20.10.2023. Одобрена после рецензирования 26.03.2024. Принята к публикации 23.10.2024.
The article was submitted 20.10.2023. Approved after reviewing 26.03.2024. Accepted for publication 23.10.2024.