

## Современные методы строительства автомобильных дорог в болотистой местности

*П.К. Никольцев, М.А. Войтов, В.И. Бестаев, К.Ф. Жирнов, Ю.В. Комраков  
Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Зачастую, при строительстве автомобильных дорог в болотистой местности возникают трудности, вытекающие из неблагоприятных условий данного биома. Это становится серьезной проблемой как на этапе проектирования, так и на этапе строительства. Для того, чтобы дорога простояла отведенный ей проектом срок, проектировщики и строители часто прибегают к нестандартным решениям, которые редко применяются в других условиях. В данной статье будут рассмотрены некоторые из них, получившие наибольшее распространение, ввиду своей надежности и эффективности.

**Ключевые слова:** дорога, строительство, проектирование, болото, торф, агрессивная среда, геотекстиль, геопунты, бетон, асфальтобетон, подпорные стенки, армогрунт.

### 1. Введение

Строительство дорог в России затруднено множеством факторов: разнообразие климатических поясов, большая площадь дорожного покрытия (вследствие чего, на поддержание дорожной отрасли невозможно выделить достаточное количество материальных средств и ресурсов), огромное количество регионов, в которых не всегда достаточно необходимых материалов для строительства. В связи с этим строительство осложнено изначально, без дополнительных условий, усложняющих возведение качественной дорожной конструкции. Под гнетом этих факторов, любое вмешательство дополнительных агрессивных условий значительно повышает стоимость строительства дорог. Одним из таких факторов является строительство в заболоченной местности или строительство дорог, пересекающих болота.

В России болота являются достаточно распространенными биомами, которые нельзя игнорировать как при проектировании дорог, так и при их строительстве. Почва с повышенным содержанием влаги, под действием нагрузок начинает терять свои прочностные характеристики, вследствие чего проектируемая конструкция служит значительно меньше запланированного

срока эксплуатации. Также не стоит забывать о том, что в последние годы значительно увеличились темпы промышленного и сельскохозяйственного производства, что привело к резкому увеличению парка автотранспортных средств, объемов грузовых и пассажирских перевозок автотранспортом. [1]

Общеизвестен факт, что большая часть территории Российской Федерации расположена в условиях вечной мерзлоты, вследствие чего можно говорить об актуальности использования ресурсов и богатств данных территорий для эффективного социально-экономического развития нашей страны[2]. Дело в том, что значительная часть территории с вечномерзлыми грунтами, а именно Восточная Сибирь, покрыта тонким слоем промерзания, который оттаивает, позволяя растениям набирать влагу, и они образуют еще один тип местности – тайгу, в которой также очень распространены участки заболачивания, вследствие отсутствия путей отхода воды и ее скапливания на поверхности в недостаточном для образования озера количестве.

## **2. Основные проблемы при строительстве дорог в болотистой местности**

Основными проблемами строительства в такой местности являются:

- Морозное пучение грунта. Болота появляются в местах скопления избыточной влаги, которую не успевает или просто не может профильтровать почва, отводя ее на уровень грунтовых вод. Это места, у которых в основе насыпи лежат такие грунты, как суглинок и глина, то есть связные грунты. Вследствие этого избыточная влага попадает в тело насыпи и после цикла заморозки происходит эффект морозного пучения, то есть расширения влаги внутри тела насыпи при застывании. После разморозки уплотненный грунт начинает терять свою прочность, так как вода возвращает себе исходный объем, и пустоты, оставленные после ее расширения, начинают разрушать насыпь, позволяя грунту осыпаться.



- Слабое основание в виде торфа. Слабое основание – это грунт, у которого низкие показатели физико-механических свойств относительно других грунтов. Им присущи избыточная увлажненность, высокая сжимаемость и низкая несущая способность.
- Разрушение краевых зон насыпи размывом. Вследствие этого явления к концу ремонтного срока дорога теряет свои первоначальные геометрические характеристики. Это ведет к серьезному подорожанию ремонтных работ, ввиду больших объемов земляных и укрепительных работ.
- Сложный проезд техники во время строительных работ и сложное обустройство временной дороги. Это очень сильно замедляет срок строительства и иногда вынуждает перекрывать участок дороги, что негативно сказывается на объездной дороге, где значительно возрастает интенсивность движения.
- Агрессивная среда болотной воды, негативно влияющая на все металлические, бетонные и асфальтобетонные элементы дорожной одежды.
- Отрицательное влияние оказывают периодические изменения температуры и вызываемое ими изменение фазового состояния воды [3].

Чаще всего болото является условием строительства, но иногда оно формируется из-за неправильного строительства и халатного отношения к отводу воды с участка строительства. Чтобы этого избежать, необходимо устройство испарительных бассейнов.

Также наличие болот часто подразумевает не только торфяную почву, но и иногда суглинки и глину. Грунты с высоким содержанием глинистых частиц тяжело поддаются укреплению из-за склонности к комкообразованию [4].

Сейчас с основными проблемами в строительстве на болотных участках научились справляться множеством способов, которые мы и рассмотрим в данной статье.

### **3. Использование геосинтетических материалов.**

Геосинтетические материалы используются в разных областях — от строительства в условиях слабых оснований, защиты и армирования откосов до создания прослоек различного назначения в дорожных конструкциях, а также при проведении мелиоративных мероприятий [5].

Дорожное строительство связано с большими затратами труда и денежных средств, для экономии которых необходимы наиболее прогрессивные методы строительства, ускоренные темпы сооружения автомобильных дорог, высокое качество работ, прочность и долговечность дорожных конструкций.

Одним из путей снижения стоимости и ускорения темпов строительства автомобильных дорог является широкое применение местных дорожно-строительных материалов, в первую очередь грунтов, находящихся в непосредственной близости к месту проведения работ [1].

На сегодняшний день существует различные системы, позволяющие обеспечить постоянный устойчивый дренаж в основании искусственных сооружений. Одним из современных подходов является применение геосинтетических материалов в дренажных системах, что позволяет значительно сократить затраты при строительстве [6]. Также на основе опыта, проведенного А.В. Машенко и А.Б. Пономаревым [7], можно сделать вывод, что геосинтетические материалы не теряют свойства при циклах замерзания - оттаивания, и, что немаловажно, улучшают свойства деформационных характеристик грунтов.

1) Использование геотекстиля, тканного и термоскрепленного, используется для армирования слабых болотных оснований. Усиление насыпи происходит за счет обратного изгибания геотекстиля вне зоны нагрузки, благодаря чему происходит распределение давления и отвод излишнего напряжения. Такая конструкция увеличивает несущую способность слабого грунта. Также

геотекстиль в зависимости от типа способен улучшать дренирующие и фильтрующие свойства.

2) Геосетки и георешетки – это плоские структуры, состоящие из ячеек более 10 мм и соединенные в жестких узловых точках, благодаря чему распределение нагрузки происходит более равномерно.

Расчет размера ячеек производится по формуле:

$$(D+d)/2 \leq 1,5 * A, \text{ где}$$

D – Максимальный размер фракционного дренирующего материала (щебня, гравия),

d – минимальный размер фракционного дренирующего материала,

A – диагональный размер ячеек георешетки.

3) Укрепление откосов насыпи методом армирования грунтов. В условиях современного строительства, когда нагрузки растут, а строительство осуществляется строго на определенной территории, где мы не всегда можем обнаружить благоприятные грунтовые условия, улучшение физико-механических свойств грунтов является весьма важной задачей. Также благодаря введению в грунт армирующих элементов достигается значительный экономический эффект за счет снижения затрат на доставку материалов, существенного уменьшения объемов земляных работ [8]. Для укрепления откосов насыпи используются геосинтетические материалы, которые послойно горизонтально выкладываются попеременно с грунтом. В следствие этого геосинтетика воспринимает растягивающие напряжения, чтобы предотвратить оползание откоса и нарушения геометрических нормативных параметров автомобильной дороги. Ключевым моментом этого метода является выбор типа геосинтетического материала, который должен иметь низкую склонность к ползучести, так как чаще всего откосы принимают статическое напряжение веса насыпи, а динамические нагрузки от движущегося потока уходят на второй план. Расчеты таких насыпей

---

рекомендуется выполнять в программных комплексах GEO5 МКЭ, Phase 2, MIDAS GTS, Plaxis т.д.

#### **4. Монолитные конструкции**

В некоторых случаях армирование стенок геотекстилем недостаточно. Тогда на помощь приходят подпорные стенки, позволяющие возводить насыпи с более крутыми откосами, вплоть до вертикальных стенок. Высота таких подпорных стенок определяется необходимостью по проектным решениям, а глубина фундамента определяется расчетом, в зависимости от грунта, высоты насыпи и других факторов. Конструкции бывают разными, начиная от обычного заложения каменных материалов и укрепления их цементом, до сложных конструкций, состоящих из бетона высокой прочности и геoshпунтов, служащих изначально в качестве водоотводящей опалубки, а в дальнейшем становятся элементом всей конструкции. Укрепленные цементом грунты допускается применять для устройства покрытий со слоем износа или оснований дорожных одежд. При этом под действием подвижной нагрузки в цементогрунтовом слое возникают напряжения сжатия и растяжения при изгибе, которые по величине меньше соответствующих пределов сопротивления цементогрунта и, следовательно, не могут быть основной причиной его разрушения [9].

В последнее время набирают популярность геoshпунты из полимерных материалов, что существенно понижает стоимость строительства подпорных монолитных стенок, ввиду простоты установки, легкости материала и высокого сопротивления агрессивным средам, что немаловажно в условиях болот. Геoshпунты устанавливаются в два ряда вдоль подтапливаемой территории на глубину, способную остановить грунтовое капиллярное течение воды под насыпью, заклинивающимися замками. После чего места стыков смазывают водоотталкивающим материалом (прим. мастикой). Дальше их скрепляют стяжками и заливается бетон. Полимерные шпунты не

---

дают попасть влаге внутрь насыпи и также оберегают бетон от выщелачивания и продлевают срок его службы. Ширина такой стенки также подбирается с помощью расчета.

Расчеты рекомендуется вести с высокой точностью в программных комплексах по типу SCAD, LIRA и т.д.

С методикой расчета вам может помочь ОДМ 218.2.027-2012 «Методические рекомендации по расчёту и проектированию армогрунтовых подпорных стен на автомобильных дорогах».

### **5. Строительство насыпи в обойме.**

Данный метод используется, если укрепление насыпи на торфяном основании с помощью геотекстиля недостаточно и необходимо его удаление, с целью постановки насыпи на основание, лежащее на минеральном дне болота.

Болота в таком случае целесообразно пересекать в наиболее узком и мелком месте; при пересечении сплавинных болот следует избегать положения трасы по крутым склонам водоема, где возможно сползание земляного полотна.

Необходимо внимательно изучать гидрологический режим болот, пересекаемых автомобильными дорогами. Насыпь, прорезающая торф или уплотнившая его своим весом, создает препятствие проходу воды и может вызвать накопление воды с верхней стороны и активизировать процессы заболачивания.

Суть метода заключается в следующем: при строительстве насыпи производится выемка, в которую в качестве основания укладывается дренирующий материал, позволяющий влаге болота беспрепятственно просачиваться. Чтобы грунт земляного полотна не проник в обойму, чаще всего их разделяют геосинтетическим материалом, для предотвращения осадки насыпи вследствие разности фракционного состава дренирующего

материала и материала земляного полотна. Тип насыпи в таком случае определяется, исходя из типа болота и высоты необходимой насыпи.

Земляное полотно на болотах проектируется таким образом, чтобы возвышение низа дорожной одежды над поверхностью болота удовлетворяло требованиям к местам с длительным стоянием поверхностных вод [10].

### Литература

1. Кочерга В.Г., Зырянов В.В., Ланко А.В. Применение гидрофобизированных цементогрунтов в нижних слоях дорожной одежды. Инженерный вестник Дона, 2012, №2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/853](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/853)
2. Охлопкова Т.В., Гурьянова Г.Р., Плотников А.А. Строительство и проектирование зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты. Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5258](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5258)
3. Кострико М.Т. Вопросы гидрофобизации грунтов. - Л.ВАТТ, 1957 - 91 с.
4. Bone V.D. Review of scientific literature on the use of stabilisation/solidification for the treatment of contaminated soil, solid waste and sludges. - UK: Environment Agency, 2004. - 343 p.
5. Yun Zhou Geosynthetic Engineering: Geotextile Filters, Federal Highway Administration, Washington D.C., April 1998, 73 p.
6. Мухамеджанов Г., Пудов Ю. Выбор геотекстиля. Рекомендации проектировщикам. Технический текстиль. 2002. № 3. — с.9.
7. Мащенко А.В., Пономарев А.Б. Планирование экспериментов по улучшению пучинистых свойств сезоннопромерзающих грунтов с помощью геосинтетических материалов. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2013, №2. URL: [vestnik.pstu.ru/get/\\_res/fs/file.pdf/2782](http://vestnik.pstu.ru/get/_res/fs/file.pdf/2782)





8. Могилевич В.М., Щербакова Р.П., Тюменцева О.В. Дорожные одежды из цементогрунта. - М.: Транспорт, 1972. - 215 с.
9. Евгеньев И.Е., Казарновский В.Д. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах. М.: Транспорт, 1976. 270 с.
10. Пономарев А.Б., Офрихтер В.Г. Анализ и проблемы исследований геосинтетических материалов в России. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. - 2013. - № 2. - с. 68-73.

### References

1. Kocherga V.G., Zyryanov V.V., Lanko A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/853](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/853)
2. Oxlopkova T.V., Gur`yanova G.R., Plotnikov A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5258](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5258)
3. Kostriko M.T. Voprosy` gidrofobizacii gruntov. [Issues of hydrophobization of soils.] L. WATT, 1957. 91 p.
4. Bone B.D. Review of scientific literature on the use of stabilisation/solidification for the treatment of contaminated soil, solid waste and sludges. UK: Environment Agency, 2004. 343 p.
5. Yun Zhou Geosynthetic Engineering: Geotextile Filters, Federal Highway Administration, Washington D.C., April 1998, 73 p.
6. Muxamedzhanov G., Pudov Yu. Texnicheskij tekstil`. 2002. № 3. 9 p.
7. Mashhenko A.V., Ponomarev A.B. Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta, 2013, №2. URL: [vestnik.pstu.ru/get/\\_res/fs/file.pdf/2782](http://vestnik.pstu.ru/get/_res/fs/file.pdf/2782)
8. Mogilevich V.M., Shherbakova R.P., Tyumenceva O.V. Dorozhny`e odezhdy` iz cementogrunta. [Cement ground pavement]. М.: Transport, 1972. 215 p.



9. Evgen`ev I.E., Kazarnovskij V.D. Zemlyanoie polotno avtomobil`ny`x dorog na slaby`x gruntax. [Subgrade road on soft soils.] M.: Transport, 1976. 270 p.
10. Ponomarev A.B., Ofrixter V.G. Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. 2013. № 2. Pp.68-73.