



УДК 625.7/.8

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.114

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
ЛЕСОВОЗНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ
В УСЛОВИЯХ ПОДТОПЛЕНИЙ**

Ю.А. Макарова, асп.

А.Ю. Мануковский, д-р техн. наук, проф.

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия, 394087; e-mail: juliamja@mail.ru, mayu1964@mail.ru

Ключевой проблемой при строительстве лесовозных автомобильных дорог является негативное влияние природно-климатических факторов. Для большинства лесозаготовительных регионов одними из основных причин разрушения земляного полотна автомобильных дорог становятся сильное переувлажнение почв и частое возникновение паводков и селей. Повышенные требования к проектированию и строительству автомобильных дорог позволяют впоследствии уменьшить материальные затраты на их реконструкцию и ремонт. В условиях высокой влажности грунтов происходит значительное снижение несущей способности земляного полотна. Это явление, несмотря на возможность его прогнозирования и уменьшения его последствий, всегда носит разрушительный характер: примером тому может служить катастрофическое наводнение в Хабаровском крае в 2013 г. Целью данной работы является разработка альтернативного способа повышения прочностных характеристик земляного полотна автомобильных дорог, подвергающихся воздействию негативных природно-климатических факторов. На основании предварительного математического моделирования (в среде FlowVision) воздействия водного потока на земляное полотно лесовозной автомобильной дороги при различных скоростях движения можно сделать вывод, что наибольшей опасности подвергаются верхние откосы и основание земляного полотна. Во время паводков наиболее разрушительное воздействие оказывает текущая вода. Так, при скорости потока более 1,5 м/с деформация земляного полотна становится неизбежной. Усовершенствование методов укрепления автомобильных дорог позволит создать более долговечные и прочные конструкции защиты земляного полотна. Нами предложена новая конструкция защиты откосов земляного полотна, которая может быть использована при строительстве лесовозных автомобильных

Для цитирования: Макарова Ю.А., Мануковский А.Ю. Использование геосинтетических материалов для защиты откосов земляного полотна лесовозной автомобильной дороги в условиях подтоплений // Лесн. журн. 2017. № 3. С. 114–122. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.114

дорог в регионах, подверженных негативному влиянию паводков. Этот комбинированный вариант укрепления откосов даст возможность уменьшить степень разрушения автомобильных дорог в зависимости от времени и скорости воздействия водного потока на поверхность земляного полотна.

Ключевые слова: переувлажнение, разрушение дороги, паводок, откосы, защита земляного полотна, геосинтетические материалы.

Введение

Состояние в Российской Федерации дорожной отрасли, представляющей собой сложную инфраструктуру, которая включает целый комплекс сопутствующих отраслей науки и производства, приобретает решающее значение при освоении регионов, богатых лесными ресурсами. Развитие сети лесовозных автомобильных дорог требует более углубленного изучения причин разрушения дорожного полотна и усовершенствования способов защиты в связи с влиянием на него увеличивающегося числа транспортных средств и внешней среды.

Так как ключевой проблемой при строительстве лесовозных автомобильных дорог является негативное влияние природно-климатических факторов, то для большинства лесозаготовительных регионов одними из основных причин разрушения земляного полотна дорог становятся сильное переувлажнение почв и частое возникновение паводков и селей. Эти природные явления приводят к деформированию земляного полотна автомобильных дорог и придорожных сооружений [3, 9]. Прогнозирование паводков лишь частично снижает негативные последствия влияния водного потока на дороги [6]. При проектировании автомобильных дорог в регионах, страдающих от наводнений, возрастают требования к безопасности и качеству земляного полотна.

Цель нашего исследования – разработать альтернативный способ повышения прочностных характеристик земляного полотна автомобильных дорог, подвергающихся воздействию негативных природно-климатических факторов.

Объекты и методы исследования

Примером негативного влияния природно-климатических факторов на автомобильные дороги может служить катастрофическое наводнение в Хабаровском крае (2013 г.), которое ученые назвали грандиозным по мощности и совпадению множества факторов (см. таблицу).

В результате ливневых дождей, продолжавшихся около двух месяцев, были преодолены исторические максимумы уровней воды в р. Амур и его основных притоках [2]. Наводнение охватило весь бассейн Амура, включая огромную территорию российского Дальнего Востока и северо-восточных районов Китая. Наивысшие уровни воды на участке реки протяженностью

Количество осадков на территории Амурской области в 2010–2013 гг.

Населенный пункт	Климатическая норма осадков, мм	Количество выпавших осадков, мм				Отношение суммы осадков за январь–август 2013 г. к годовой норме осадков, %
		за год			с 01.01. по 31.08.13 г.	
		2010	2011	2012		
Зея	538	592	358	446	630	117
Экимчан	691	652	644	637	560	81
Тыгда	504	430	628	360	838	166
Шимановск	495	616	391	559	698	141
Белогорск	549	617	438	481	791	144
Завитинск	596	582	622	611	730	122
Константиновка	526	462	424	556	594	113
Благовещенск	564	650	463	488	732	130
Свободный	574	720	445	535	885	154
Архара	645	568	523	577	740	115
Малиновка	613	596	532	581	767	125
Поярково	515	556	536	481	585	114

более 1000 км превысили исторические максимумы на 0,40...2,11 м. По предварительной оценке было повреждено около 1500 км дорог и 1000 км линий электропередачи, прямой экономический ущерб составил около 88 млрд р.

В условиях повышенной влажности грунтов на территориях бассейнов рек Забайкалья, Среднего и Южного Урала, дельты Волги происходит значительное снижение несущей способности земляного полотна автомобильных дорог. Повышение уровня грунтовых вод, паводки и половодье не только затрудняют движение автомобильного транспорта, но и значительно сокращают сроки службы дорожной одежды, увеличивая материальные затраты на ремонт и строительство новых дорог.

Более поздние случаи возникновения паводков были зафиксированы в 2015 г. в Липецкой области (д. Вторая Куликовка) на р. Дон и в Челябинской области, где были значительно повреждены мосты и прилегающие к ним дороги.

Проведя в среде FlowVision предварительное математическое моделирование воздействия водного потока на земляное полотно лесовозной автомобильной дороги при различных скоростях движения на примере участка Гайчанской лесовозной автомобильной магистрали в Хабаровском крае, мы сделали вывод, что наибольшей опасности подвергаются верхние откосы и основание земляного полотна [4]. Это происходит из-за повышения давлений на поверхность насыпи при возрастании скорости текучей жидкости, что увеличивает зоны возникновения турбулентности и вымывание грунта земляного полотна (рис. 1).

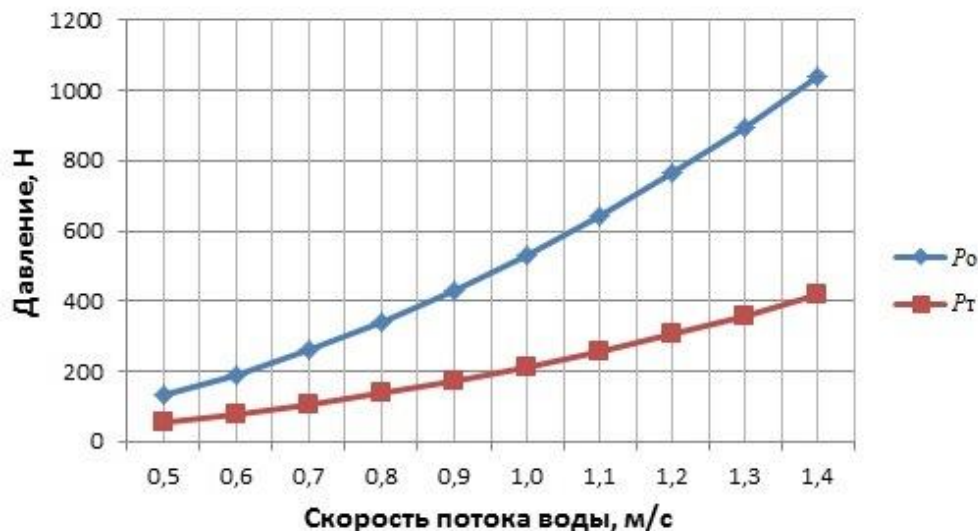


Рис. 1. Изменение давлений на откосы насыпи (P_0) и в зоне турбулентности (P_T)

Разрушение откоса насыпи начинается под воздействием потока воды при скорости более 0,8 м/с с появлением активной зоны турбулентности. Во время паводков наиболее разрушительное воздействие оказывает текущая вода. Так, при скорости потока более 1,5 м/с разрушение основания земляного полотна и верхней его части становится неизбежным [1]. Причиной этому является то, что при увеличении скорости потока возрастает его сила, воздействующая на грунт земляного полотна автомобильной дороги, в то время как длина турбулентного следа уменьшается.

Во время паводков наибольшему риску подвержены участки дорог с высотой насыпи менее 1,5 м ввиду того, что уровень воды может превышать высоту насыпи на 0,1...0,5 м, частично или полностью накрывая земляное полотно и вызывая переувлажнение и размыв грунта при традиционных биологических способах укрепления насыпи.

Из-за особенностей климата в указанном регионе строительство водоотводных, защитных и укрепительных сооружений не всегда дает ожидаемый положительный результат. Известные способы и средства укрепления земляного полотна в виде защитных покрытий (щебеночные, гравийные, засев грунта травой, каменная наброска и др.) при высоте насыпи менее 1,5 м в условиях паводков не эффективны и подвержены вымыванию. Таким образом, в подобных условиях требуется применение альтернативных способов укрепления земляного полотна против разрушительного воздействия потока жидкости [5, 7]. Следовательно, необходимо проводить исследования процессов эрозии земляного полотна в условиях подтопления и разрабатывать альтернативные мероприятия по противодействию данному явлению.

Большой вклад в решение проблемы защиты земляного полотна от негативного воздействия климатических факторов в условиях подтопления внесли Виноградов А.Ю., Лиев К.Б., Чистяков И.В., Глагольев А.А., Чумаков В.Ф., Заморин В.В. и др. На основании анализа работ этих авторов можно сделать вывод, что основное направление исследований – снижение разрушительного воздействия паводков, их предупреждение и предотвращение. Поэтому совершенствование методов защиты земляного полотна от воздействия неблагоприятных факторов представляет для специалистов дорожной отрасли огромный интерес.

Совершенствование методов укрепления откосов автомобильных дорог позволяет создавать более долговечные и прочные конструкции для защиты земляного полотна, что в дальнейшем может уменьшить вероятность возникновения деформаций автомобильных дорог и снизить материальные затраты на их ремонт.

Результаты исследования и их обсуждение

В последние годы для укрепления откосов земляного полотна часто используют геосинтетические материалы, имеющие перед остальными как экономические, так и экологические преимущества [8]. Разнообразие наполнителей для ячеек георешеток, применяемых при строительстве, позволило не только расширить защитные свойства данного укрепления, но и найти способы усовершенствования конструкции.

Рассмотрим различные способы защиты земляного полотна от действия неблагоприятных природно-климатических факторов.

Чтобы компенсировать сдвиговые усилия и удерживать грунтовые массы при сохранении целостности конструкции, используют различные крепежные элементы (например, тросы, закрепленные на бетонных блоках). Бетонные упоры препятствуют деформации поверхности вершины откоса. Недостатком данной конструкции является то, что наполнитель, помещенный в ячейки георешетки, не защищает поверхность откоса от размыва водой. Для предотвращения этого можно использовать слой геотекстиля. Подобная конструкция достаточно устойчива к неблагоприятному воздействию природно-климатических факторов и предполагает различные варианты выполнения.

Наибольшее распространение получили конструкции, позволяющие осуществлять отвод воды с поверхности дорожного полотна по дренажному желобу. Примером может служить закрепленная анкерами георешетка, которая на вершине откоса и в центральной части заполняется пенобетоном, чтобы не утяжелять грунт за счет просачивания сквозь материал атмосферных осадков, а внизу – щебнем или другим материалом. Аналогичную функцию выполняет конструкция, в которой вначале на поверхность откоса укладывается геотекстильный материал и только потом георешетка, заполненная пенобетоном.

Проанализировав перечисленные способы, можно сделать вывод, что для защиты откосов земляного полотна от воздействия неблагоприятных природно-климатических факторов, в данном случае от влияния воды, требуется создание комбинированной конструкции, имеющей дополнительный слой защиты, который препятствует проникновению воды в грунт земляного полотна.

Возможным вариантом решения данной проблемы может служить конструкция, в которой для укрепления откоса использован геосотовый геосинтетический материал (рис. 2).

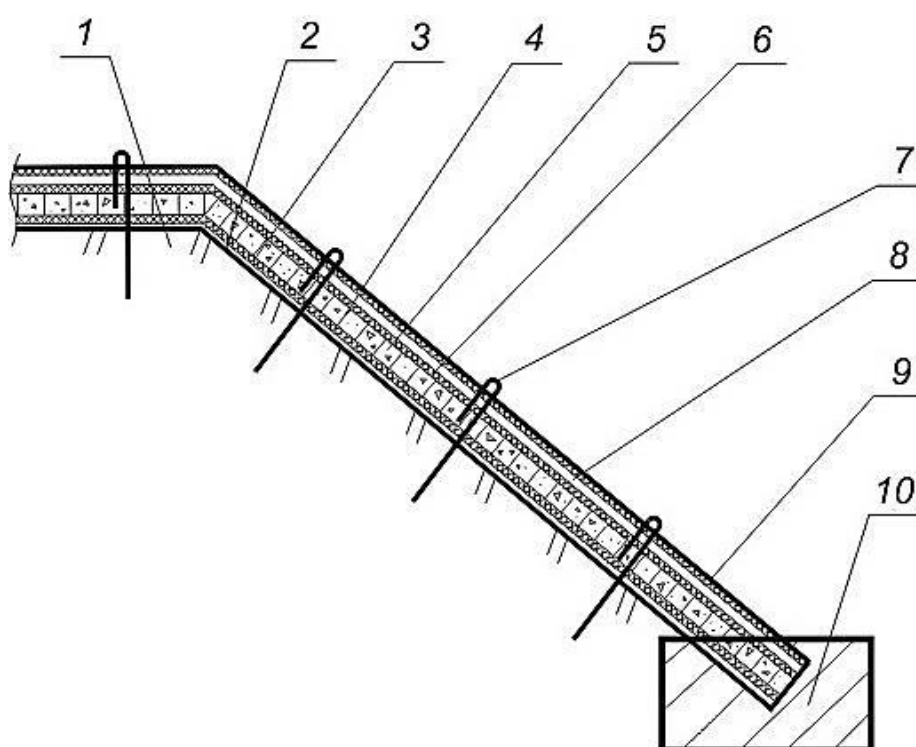


Рис. 2. Общий вид конструкции укрепления земляного полотна: 1 – поверхность откоса; 2 – геотекстильный материал; 3 – слой гидрофобной полимерно-грунтовой смеси; 4 – геосотовый геосинтетический материал; 5 – песчано-гравийная смесь; 6 – полимерная пропитка; 7 – анкеры; 8 – слой грунта; 9 – жидкий полимер; 10 – бетонный упор

Укрепление откоса геосотовым геосинтетическим материалом осуществляется следующим образом. На подготовленную поверхность откоса укладывают сверху вниз полотна геотекстильного материала, которые обрабатывают слоем гидрофобной полимерно-грунтовой смеси. Поверх укладывают геосотовый геосинтетический материал, состоящий из перфорированных геополос, и закрепляют на поверхности откоса металлическими анкерами, а в нижней части – бетонным упором. Ячейки геосотового материала

заполняют песчано-гравийной смесью и подвергают полимерной пропитке. На поверхность геосотового геосинтетического материала, состоящего из геополос, наносят слой грунта, пропитываемого жидким полимером.

Вода стекает по верхнему слою укрепления и в дальнейшем отводится с помощью водоотводных сооружений. В случае подтоплений (при разумной продолжительности взаимодействия) такая конструкция укрепления земляного полотна должна не пропустить воду внутрь грунта и предотвратить его вымывание. Данная конструкция имеет два водонепроницаемых слоя, повышающих ее защитные способности.

Таким образом, новая конструкция защиты откосов земляного полотна в условиях подтоплений позволит уменьшить степень разрушения автомобильной дороги в зависимости от продолжительности и скорости воздействия водного потока на поверхность земляного полотна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильные дороги. Защита откосов автомобильных дорог от размыва: обзор. информ. М.: Росавтодор, 1992. 84 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов РФ в 2012 г.» / Отв. за вып.: Н.Г. Рыбальский, В.А. Омеляненко, А. Думнов. М.: НИИ-Природа, 2013. 370 с.
3. Борщ С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В., Юмина Н.М. Краткосрочное прогнозирование уровней воды на реке Амур // Тр. Гидрометеорол. науч.-исслед. центра РФ. 2015. № 353. С. 26–45.
4. Макарова Ю.А., Макаров Д.А. Первичная подготовка Террейна для моделирования процессов, способствующих возникновению паводков // Сб. науч. тр. по материалам Междунар. заоч. науч.-практ. конф. «Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика». Воронеж: ВГЛТУ, 2015. № 5, ч. 4. С. 110–114.
5. Мануковский А.Ю., Макарова Ю.А. Проблема переувлажнения почв при вывозке лесоматериалов в сложных климатических условиях // Сб. науч. тр. по материалам Междунар. заоч. науч.-практ. конф. «Актуальные направления научных исследований XXI в.: теория и практика». Воронеж: ВГЛТУ, 2015. № 8, ч. 2. С. 282–286.
6. Управление риском трансграничных наводнений: опыт региона ЕЭК ООН. Нью-Йорк и Женева: ООН, 2009. 102 с.
7. Bednarouk S., Ovcharov E. Flood Prevention and Protection in Russia // United Nations. Seminar on Flood Prevention and Protection. Berlin, 7-8 oct. 1999. No. 37. Pp. 1–4.
8. Kief O., Schar Y., Pokharel S.K High Modulus Geocells for Sustainable Highway Infrastructure // Indian Geotechnical J. 2015. Vol. 45, no. 4. Pp. 389–400.
9. Ward R. Floods, a Geographical Perspective. London, 1978. 244 p.

Поступила 24.10.16

UDC 625.7/.8

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.114

Geosynthetics for Slope Protection of the Truck Haul Road Subgrade Under Conditions of Underflooding

Yu.A. Makarova, Postgraduate Student

A.Yu. Manukovskiy, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, ul. Timiryazeva, 8, Voronezh, 394087, Russian Federation; e-mail: juliamja@mail.ru, mayu1964@mail.ru

The key problem in the construction of truck haul roads is a negative impact of natural and climatic factors. For most logging regions, one of the main reasons for the subgrade destruction of motor roads is a severe overwetting of soils and frequent occurrence of floods and mudflows. The increasing requirements for the design and construction of motor roads can subsequently reduce the material cost for their reconstruction and reconditioning. Under the conditions of increased soil moisture, the bearing capacity of the subgrade is significantly reduced. This phenomenon, despite the possibility of its predicting and reducing its consequences, is always devastating. An example of this is the catastrophic flooding in the Khabarovsk Territory in 2013. The work objective is to develop an alternative method to improve the strength characteristics of the subgrade of motor roads, exposed to negative natural and climatic factors. Based on the preliminary mathematical modeling in the Flow Vision environment of the water flow effect on the subgrade of the truck haul road at various speeds we can conclude that the upper slopes and the subgrade support face danger. During floods, the most damaging effect is provided by flowing water. Thus, at a flow rate of more than 1.5 m/s, deformation of the subgrade becomes inevitable. Improving the road strengthening methods will create more long life constructions for the subgrade protecting. We have proposed a new protection structure of subgrade slopes, which can be used in the construction of truck haul roads in the regions affected by the negative impact of floods. This combined version of slope strengthening will reduce the degree of road destruction depending on the time and speed of the water flow effect on the subgrade surface.

Keywords: waterlogging, road havoc, flooding, slope, subgrade protection, geosynthetic.

REFERENCES

1. *Avtomobil'nye dorogi. Zashchita otkosov avtomobil'nykh dorog ot razmyva* [Score Protection of Road Slopes]. Moscow, 1992. 84 p.
2. *Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov RF v 2012 g.»* [State Report “On the State and Use of Water Resources of the Russian Federation in 2012”]. N.G. Rybal'skiy, V.A. Omel'yanenko, A. Dumnov, Rel. Moscow, 2013. 370 p.

For citation: Makarova Yu.A., Manukovskiy A.Yu. Geosynthetics for Slope Protection of the Truck Haul Road Subgrade Under Conditions of Underflooding. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2017, no. 3, pp. 114–122. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.114

3. Borshch S.V., Simonov Yu.A., Khristoforov A.V., Yumina N.M. Kratkosrochnoe prognozirovaniye urovney vody na reke Amur [Short-Term Forecasting of Water Levels in the Amur River]. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of the Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation], 2015, no. 353, pp. 26–45.

4. Makarova Yu.A., Makarov D.A. Pervichnaya podgotovka Terreyina dlya modelirovaniya protsessov, sposobstvuyushchikh vozniknoveniyu pavodkov [Terrane Initial Training for Process Modeling, Contribute to the Emergence Flood]. *Sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunar. zaoch. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika»* [Proc. Int. Sci. Prac. Conf. “Actual Tendencies of the Scientific Research of the 21st Century: Theory and Practice”]. Voronezh, 2015, no. 5, part 4, pp. 110–114.

5. Manukovskiy A.Yu., Makarova Yu.A. Problema pereuvlazhneniya pochv pri vyvozke lesomaterialov v slozhnykh klimaticheskikh usloviyakh [The Problem of Water Saturation During the Logging in Adverse Climatic Conditions]. *Sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunar. zaoch. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI v.: teoriya i praktika»* [Proc. Int. Sci. Prac. Conf. “Actual Tendencies of the Scientific Research of the 21st Century: Theory and Practice”]. Voronezh, 2015, no. 8, part 2, pp. 282–286.

6. *Upravlenie riskom transgranichnykh navodneniy: opyt regiona EEK OON* [Managing the Risk of Transboundary Flooding: the Experience of the UNECE Region]. New York; Geneva, 2009. 102 p.

7. Bednarouk S., Ovcharov E. Flood Prevention and Protection in Russia. *United Nations. Seminar on Flood Prevention and Protection. Berlin, 7-8 October 1999*. Berlin, 1999, no. 37, pp. 1–4.

8. Kief O., Schary Y., Pokharel S.K. High Modulus Geocells for Sustainable Highway Infrastructure. *Indian Geotechnical J.*, 2015, vol. 45, no. 4, pp. 389–400.

9. Ward R. *Floods, a Geographical Perspective*. London, 1978. 244 p.

Received on October 24, 2016