

УДК 625.7/.8

К ВОПРОСУ ДИФФУЗИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЛЕСОВОЗНОЙ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В ПЕРИОД РАСПУТИЦЫ

Ю. А. Макарова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

E-mail: juliamja@mail.ru

Российская Федерация занимает первое место по площади лесных земель в мире, располагая 1/5 мировых запасов древесины. Имея крупнейшую лесосырьевую базу, её роль в данной отрасли постепенно растёт и развивается. Несмотря на то, что земли лесного фонда занимают около 45 % от площади нашей страны и имеется большой потенциал для их освоения, Российская Федерация существенно уступает развитым зарубежным странам по уровню заготовки древесины [7]. Основной причиной затруднённой работы лесного комплекса является сложность перевозок лесоматериалов при освоении новых богатых ресурсами регионов, а именно проблема разрушения лесовозных автомобильных дорог при воздействии на них неблагоприятных природно-климатических факторов.

Большинство лесозаготовительных регионов страдает от частого возникновения паводков и селей в периоды весенней и осенней распутиц, что в значительной степени влияет на целостность автомобильной дороги. Сильное переувлажнение почв и паводки, возникающие в результате длительных осадков, в зависимости от продолжительности воздействия приводят к катастрофическим последствиям, деформируя земляное полотно автомобильной дороги и придорожных сооружений. Прогнозирование данных природных явлений только в малой степени позволяет уменьшить нанесённый грязе-водным потоком ущерб откосам и поверхности земляного полотна [8, 10].

Возникновение наводнений и паводков всегда негативно влияло на все аспекты человеческой жизни, разрушая не только автомобильные дороги, но и другие сферы производственной деятельности. Примером этому может служить наводнение в Хабаровском крае (2013 г.), которое можно назвать чрезвычайной ситуацией федерального уровня по своей мощности и разрушительности. Из-за продолжительных ливневых дождей, приведших к сильному переувлажнению почв и как следствие к последующему наводнению, были преодолены исторические максимумы уровней воды реки Амур и её основных притоков (рис. 1). В

июне 2013 года сумма осадков уже составляла 57-136 % многолетней нормы и в следующем месяце превысила обычный уровень в 2-3 раза. В результате из-за погодных условий общая сумма выпавших за летний сезон осадков составила 402-602 мм, что в 1,3-1,7 раза больше нормы [5, 6].

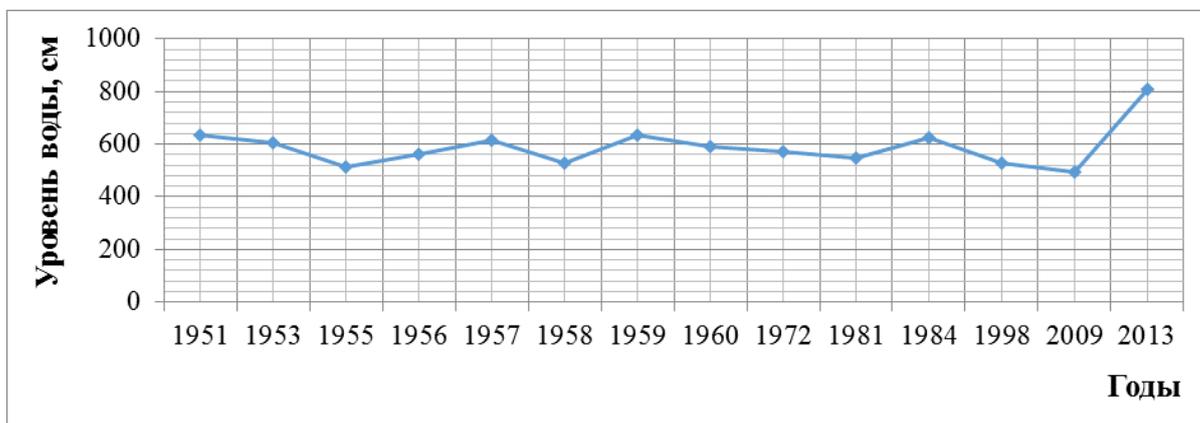
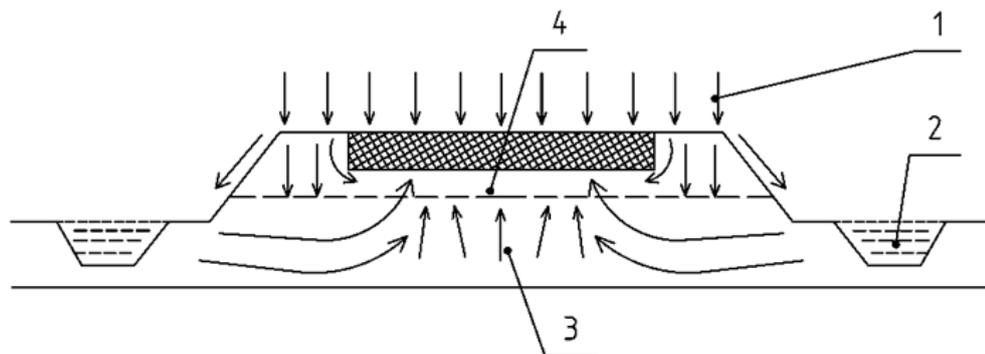


Рисунок 1 – Максимальные уровни воды при сильных наводнениях на р. Амур - г. Хабаровск (1951-2013 гг.)

Из-за опасности разрушения дорожного покрытия в период весенней распутицы в 2017 году в Хабаровском крае были введены временные ограничения для грузовых машин. Влияние тяжёлого транспорта на переувлажнённую почву в данном случае приводит к необратимым деформациям земляного полотна, что в дальнейшем требует ремонта автомобильной дороги или строительства новых путей перевозок.

На сегодняшний момент развитие лесовозной дорожной сети заметно отстаёт от западных стран из-за нехватки материальных средств и использовании традиционных способов защиты земляного полотна при строительстве. Так как большинство лесоматериалов перевозится в основном автомобильным транспортом из-за его мобильности и легкодоступности, то ежегодно требуется строительство новых автомобильных дорог и ремонт старых. При вывозке лесоматериалов в лесном комплексе используются в основном сезонные и временные лесовозные автомобильные дороги. В связи с этим сортименты поступают на нижний склад неравномерно, теряя часть возможной прибыли [1, 9]. В лесной промышленности используются в основном дороги с гравийным покрытием, что составляет около 35 % от общей протяженности лесовозных магистралей постоянного действия. При сильном переувлажнении почв и постоянном подтоплении гравийные и щебёночные лесовозные автомобильные дороги не могут выдержать негативного воздействия водного потока и разрушаются.

При высоте насыпи менее 1,5 м в период весенней и осенней распутиц при возникновении паводков известные способы и средства укрепления земляного полотна в виде различных защитных покрытий не эффективны и подвержены вымыванию. Они не могут полностью защитить целостность автомобильной дороги от попадания воды в грунт земляного полотна (рис. 2) [4].



1 – атмосферные осадки; 2 – вода в канавах; 3 – грунтовые воды; 4 – песчаное основание

Рисунок 2 – Схема источников увлажнения дорожной конструкции:

При исследовании проблемного участка Гайчанской лесовозной автомобильной магистрали (Хабаровский край) было проведено первичное моделирование в среде FlowVision и получены более объективные показатели увлажнения грунта земляного полотна. В результате исследований было выявлено избыточное увлажнение откосов насыпи земляного полотна. Максимальное содержание влаги в основании откоса после выпадения осадков достигало 9 по прибору ЕТР-301 (30 %) на 1 м². При скорости потока более 0,8 м/с уже наблюдается разрушение откоса земляного полотна, при более высоких скоростях (более 0,9 м/с) деформации подвергается второй откос и дорожное полотно автомобильной дороги [4].

Учитывая тот факт, что в периоды весенней и осенней распутицы вывозка лесоматериалов прекращается, лесной комплекс теряет при простое транспорта около 200 т. р./сут. после подтопления участка магистрали. Тратится большое количество средств при ежегодном ремонте автомобильных дорог от воздействия неблагоприятных природно-климатических факторов.

Изучая работы наших отечественных учёных (Виноградов А. Ю., Лиев К. Б., Чистяков И. В., Глагольев А. А. и др.), работающих над решением проблемы защиты земляного полотна в условиях подтоплений, можно сделать вывод, что основные работы ведутся в области снижения разрушительного воздействия паводков, их предупреждения и предотвращения. Необходимо более подробно

исследовать процессы эрозии земляного полотна в условиях переувлажнённой среды для разработки альтернативных мероприятий по противодействию паводкам. Наибольший интерес представляет сам процесс диффузии жидкости в грунте насыпи земляного полотна автомобильной дороги. В зависимости от конструкции защиты, высоты насыпи и времени, в течение которого автомобильная дорога подвергается воздействию паводков, скорость передвижения влаги в грунте насыпи земляного полотна изменяется (рис. 3).

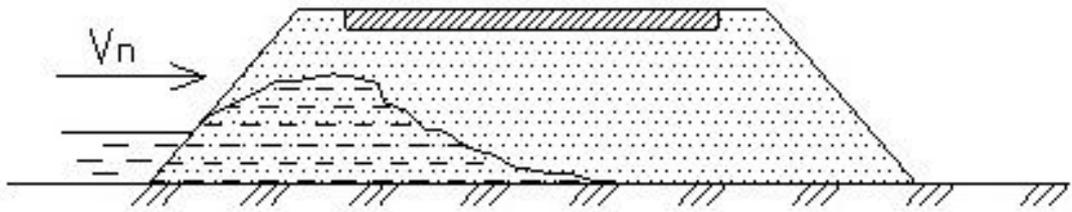


Рисунок 3 – Передвижение влаги в грунте насыпи земляного полотна

Под воздействием различных сил в грунте земляного полотна постоянно происходит явление перемещения жидкости, которое затруднено наличием гидроизоляционных слоёв и конструкций защиты в насыпи автомобильной дороги. Данный процесс перемещения жидкости в почве можно назвать конвективным переносом, т. е. принудительным движением вещества потоком движущейся воды. Он обусловлен скоростью движения воды (фильтрации), и происходит под влиянием стоячей воды на поверхность откосов земляного полотна.

Для определения скорости фильтрации воды в почве за основу можно взять закон Дарси – основной закон фильтрации [2]:

$$V = \frac{k\Delta H}{L}, \quad (1)$$

где V – скорость фильтрации, м/сут; k – коэффициент фильтрации пористой среды, м/сут; ΔH – разность напоров (потери напоров), м; L – длина пути фильтрации, м.

Учитывая связь коэффициента фильтрации с коэффициентом проницаемости среды, формулу (1) можно выразить следующим образом:

$$V = \frac{k_0 \Delta p_{\text{пр}}}{\mu_0 L}, \quad (2)$$

где k_0 – коэффициент проницаемости среды, м^2 ; μ_0 – динамическая вязкость флюида, $\text{Па} \cdot \text{с}$; $\Delta p_{\text{пр}}$ – разность давлений (потери давлений), Па .

Изучив более подробно процесс диффузии жидкости, мы можем определить скорость фильтрации воды в грунте земляного полотна автомобильной дороги в регионах с частым возникновением паводков и селей. Это позволит учесть и максимально уменьшить степень разрушения путей перевозок лесоматериалов, а также при проектировании подобрать более эффективную конструкцию защиты земляного полотна от вымывания.

Лесопромышленная отрасль является социально значимой и весьма прибыльной при решении определённых проблем, тормозящих её развитие. Проблема разрушения автомобильных дорог при воздействии на них неблагоприятных природно-климатических факторов и на сегодняшний день является актуальной, требуя к себе повышенного внимания специалистов данной области. Исследования в области диффузии земляного полотна в период распутицы позволят наиболее точно рассмотреть проблему влияния потока воды на автомобильную дорогу и предложить альтернативные способы повышения прочностных характеристик земляного полотна при возникновении сезонных деформаций. Применение новых конструкций защиты на основе использования геосинтетических материалов позволяют уменьшить степень разрушения автомобильной дороги, заметно повысив её долговечность и прочность.

Библиографический список

- 1 Автомобильные дороги. Защита откосов автомобильных дорог от размыва [Текст] : обзор. информ. М. : Росавтодор, 1992. – 84 с.
- 2 Першин, М. Н. Дорожное грунтоведение [Текст] / М. Н. Першин, А. М. Кулижников, В. П. Радов // СПбГАСУ. – СПб., 1998. – 153 с.
- 3 Евгеньев, И. Е. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах [Текст] / И. Е. Евгеньев, В. Д. Казарновский. – М. : Транспорт, 1976 – 270 с.
- 4 Макарова, Ю. А. Исследование воздействия водного потока на разрушение земляного полотна лесовозной автомобильной дороги [Текст] / Ю. А. Макарова, А. Ю. Мануковский // Леса России: политика, промышленность, наука, образование / Материалы научно-технической конференции. Том 2 / Под. ред. В.М. Гедьо. – СПб. : СПбГЛТУ, 2016. – С. 23-26.
- 5 Борщ С. В., Симонов Ю. А., Христофоров А. В., Юмина Н. М. Кратко-

срочное прогнозирование уровней воды на реке Амур. Гидрометеоролог. науч.-исслед. центр РФ, 2014. – 20 с.

6 Наводнение-2013 [Текст]. –Талакан. – 2014. – 144 с.

7 Путь в XXI век: стратегические проблемы и перспективы российской экономики [Текст] / Рук. авт. колл. Д. С. Львов ; Отд. экон. РАН ; науч.-ред. совет изд-ва "Экономика". – М. : ОАО "Издательство "Экономика", 1999. – 793 с.

8 Bednarouk S., Ovcharov E. Flood Prevention and Protection in Russian [Text] : United Nation. Seminar on Flood Prevention and Protection. Berlin, 7-8 oct. 1999. No. 37. Pp. 1-4.

9 Larsson, G. Studies on Forest road planning [Text] / G. Larsson. – Stockholm, 1959. – 156 p.

10 Ward R. Floods: A Geographical Perspective [Text] : London-Basingstoke: Mac Millan Press, 1978. – 244 p.