

УДК 625.852

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ПРИМЕНЕНИЮ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГАХ ПАРОГИДРОИЗОЛИРУЮЩИХ ПРОСЛОЕК

А.А. Колобова, В.И. Клевко, А.А. Чижов, А.А. Лабыкин

Рассмотрены основные проблемы по совершенствованию лесовозных автомобильных дорог путем использования дорожно-строительных материалов и отходов нефтяной промышленности. Лесовозные дороги располагаются в сложных природно-климатических условиях, что накладывает определенные ограничения на использование материалов, способных обеспечивать требуемое их транспортно-эксплуатационное состояние. Традиционные дорожно-строительные материалы отличаются не только стабильностью своих физико-механических характеристик, но и существенной стоимостью и сложностью доставки. Это вызывает значительные осложнения и удорожания строительства лесовозных дорог. В тоже время имеется значительное количество отходов промышленности, практически не используемых в строительной практике. Речь идет о загрязненных нефтью грунтах. Несмотря на ряд проведенных экспериментальных исследований, задача применения этих грунтов для условий лесосырьевых баз в Пермском крае остается нерешенной. Таким образом, решить проблему позволит использование нефтезагрязненных грунтов на лесовозных дорогах, с заданными транспортно-эксплуатационными характеристиками, с учетом природно-климатических условий эксплуатации, а также создание парогидроизолирующих прослоек, что и определило цель настоящей работы. Целью исследований было обоснование возможности использования нефтезагрязненных грунтов и разработка требований к ним при строительстве парогидроизолирующих прослоек на лесовозных автомобильных дорогах. В работе была решена следующая задача: разработать требования к нефтезагрязненным грунтам для строительства парогидроизолирующих прослоек на лесовозных автомобильных дорогах. Результатами работы стало создание рецептуры нефтезагрязненных грунтов со скелетными добавками и минеральными вяжущими. Было определено, что скелетной добавки должно быть от 30 до 50%, а вяжущей добавки из портландцемента марки М400-ДО в количестве от 8 до 10%. Учитывая достаточную адекватность опытно-экспериментальных исследований, результаты подборов добавок могут быть рекомендованы для использования в практике строительства парогидроизоляционных прослоек на лесовозных дорогах.

Ключевые слова: лесовозные дороги, нефтезагрязненные грунты, парогидроизолирующие прослойки.

Введение

Развитие лесопромышленного комплекса Российской Федерации предусматривает реализацию стратегии по его устойчивому развитию на всех лесных территориях РФ. При таком подходе основная роль отводится системе устойчивого развития транспортной инфраструктуры лесов. Примеры освоения инвестиционных проектов на территории Пермского края показали тесную зависимость уровня освоения лесосырьевых баз от уровня развития лесотранспортных сетей. Известно, что транспортная доступность лесов напрямую зависит от природно-климатических условий. Чаще всего лесосырьевые базы Пермского края располагаются во II и даже в I дорожно-климатических зонах. Именно эти сложные природно-климатические условия накладывают существенные ограничения на конструкции и технологии строительства лесовозных дорог [3, 5].

Мировой опыт освоения лесосырьевых баз со сложными природно-климатическими условиями показал, что основными критериями развития их транспортной доступности стали дорожные конструкции способные противостоять зимнему морозному пучению. Анализ применения дорожно-строительных материалов, с улучшенными морозозащитными свойствами показал, что для лесных дорог наибольшее предпочтение следует отдавать устройству капилляропрерывающих и парогидроизолирующих прослоек [2, 6, 14].

В основе борьбы с морозным пучением лежит строительство парогидроизолирующих прослоек в земляном полотне автомобильных дорог, позволяющих ограничить приток влаги к рабочему слою земляного полотна из нижележащих слоев в период устойчивых отрицательных температур. Для

устройства тонкослойных парогидроизолирующих прослоек используют различные рулонные материалы, обладающие гидрофобизирующими свойствами (толь, рубероид, полиэтилен), либо материалы (грунты), обработанные органическими вяжущими [3, 8].

Анализ литературных источников показал, что использование покрытий из тонкослойных прослоек не эффективно из-за малого срока службы материала и возможной деформации их во время укладки [6, 12]. А использование обработанных органическими вяжущими материалов требует значительных затрат. Поэтому применение отходов промышленности (в том числе нефтяной), обладающих гидрофобизирующими свойствами, является наиболее эффективным и экономически оправданным при строительстве лесовозных дорог [1, 7, 10].

Территория Пермского края крайне зависима от внешних природно-климатических воздействий, поэтому лесовозные дороги должны не только обеспечивать их транспортную доступность, но и оказывать минимальное отрицательное воздействие на экологическую функцию лесов. Это существенно ограничивает выбор используемых дорожно-строительных материалов и технологий по их применению на лесовозных дорогах [3]. Наиболее распространенными на территории Пермского края являются отходы нефтедобывающей и перерабатывающей промышленности: нефтезагрязненные жидкости и нефтезагрязненные грунты. География их распространения: от южной границы края – Куединского района до северной границы – Красновишерского района; от Октябрьского района на востоке – до г. Чайковского на западе.

За многие десятилетия эксплуатации районов добычи нефти, на территории края скопилось значительное количество нефтеотходов. Ежегодно их накопление, в соответствии с технологическими нормами, может достигать до 0,1% объема от всей перерабатываемой нефти. Это в свою очередь приводит к загрязнениям и уменьшению количества лесных земель, обостряет экологическую обстановку.

В тоже время, ряд авторов считает, что нефтеотходы можно использовать при транспортном освоении лесов. Грунты, обработанные нефтеотходами значительно улучшают их физико-механические свойства, существенно уменьшаются водпроницаемость и паропроницаемость [8, 9, 11, 13].

В этой связи, создание новых парогидроизолирующих прослоек из нефтеотходов, в конструктивных слоях лесовозных автомобильных дорог или в земляном полотне с использованием местных материалов является актуальным направлением исследований, что и определило цель настоящей работы.

Целью исследований было обоснование возможности использования нефтезагрязненных грунтов и разработка требований к ним при строительстве парогидроизолирующих прослоек на лесовозных автомобильных дорогах.

В работе рассматривалась следующая задача: разработать требования к нефтезагрязненным грунтам для строительства парогидроизолирующих прослоек на лесовозных автомобильных дорогах.

Методы и материалы

При устройстве парогидроизолирующих прослоек на лесовозных дорогах следует учитывать основные требования: полученный материал должен обладать гидрофобизирующими свойствами; материал должен быть долговечен и обладать стабильными свойствами, не изменяющимися во времени; прочность материала должна обеспечить его сохранность как в процессе производства работ, так и при эксплуатации; желательно иметь минимальную стоимость; должна соблюдаться экологическая и пожарная безопасность; иметь минимальные трудозатраты при производстве работ.

В наших исследованиях рассматривались следующие материалы: нефтезагрязненный грунт, образовавшийся в результате аварийного разлива нефти; грунт с полигона хранения отходов нефтяной промышленности «Кокуй» в Кунгурском районе Пермского края; отсеvy дробления каменных материалов с Вижайского каменного карьера (песок из отсеvов дробления 0-5 мм), Горнозаводский район Пермского края; песок – порт «Пермь»; горелые породы – с терриконов бывшего «Кизеловского угольного бассейна», город Кизел, Пермский край; портладцемент М400-Д0 – ОАО «Горнозаводскцемент», город Горнозаводск Пермского края [9].

Исследуемый нефтезагрязненный грунт представлял собой супесь пылеватую, загрязненную нефтью, находящуюся в переувлажненном состоянии и имел следующий состав: естественная влажность от 45 до 51%; число пластичности от 9,6 до 10,6%; содержание нефтяных компонентов от 11,1 до 12,3 %;

песчаных частиц от 26,4 до 37,9%; глинистых частиц от 62,1 до 73,6%. Его гранулометрический состав приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Составы образцов нефтезагрязненного грунта

№ состава	Состав, %			Тип нефтезагрязненного грунта
	Песчаные частицы	Глинистые частицы	Пылеватые частицы	
1	38	54	8	Супесь пылеватая
2	36	48	16	Суглинок легкий пылеватый
3	42	39	19	Суглинок тяжелый

Стабилизация физико-механических свойств нефтезагрязненных грунтов проводилась путем введения в них скелетных добавок из каменных материалов, их составы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Составы образцов скелетных добавок в нефтезагрязненный грунт

№ состава	Состав, %			Тип скелетной добавки
	Песчаные частицы	Глинистые частицы	Пылеватые частицы	
1	82	10	8	Песок
2	92	6	2	Высевки дробления
3	77	14	7	Горелые породы

Для стабилизации нефтезагрязненных грунтов путем введения минеральных вяжущих использовался портландцемент ПЦ 400-ДО. Составы и дозировки портландцемента приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Составы образцов материалов с добавкой портландцемента

№ состава	Состав, %		Влажность, %
	нефтезагрязненный грунт	портландцемент ПЦ 400-ДО	
Ц.1.	92	8	22
Ц.2.	90	10	22
Ц.3.	88	12	22
Ц.4.	86	14	22
Ц.5.	84	16	22

Проведенный комплекс испытаний по определению гранулометрического состава нефтезагрязненных грунтов и добавок позволил определить соотношения в комплексной добавке, состоящей из скелетных добавок и минеральных вяжущих. Составы и дозировки комплексной добавки приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Составы образцов материалов с комплексной добавкой

Вязущее Тип нефтезагрязненного грунта	Портландцемент ПЦ 400-ДО						Глинистый Песок
	Песчаный			Горелая порода			
	Песок					Песок	
Скелетная добавка							Песок
№ состава	ПЦ.1	ПЦ.2	ПЦ.3	ГЦ.1	ГЦ.2	ГЦ.3	ГлЦ.1
портландцемент ПЦ 400+ДО, %	5	10	15	5	10	15	10
Грунт нефтезагрязненный, %	50						
Скелетная добавка, %	50						

Результаты

В наших исследованиях было обосновано, что основные требования к нефтезагрязненным грунтам, используемым при строительстве лесовозных дорог зависят от технологии их строительства и вида используемого материала [9].

На рисунке 1 представлена разработанная конструкция лесовозной дороги с прослойкой из нефтезагрязненного грунта.

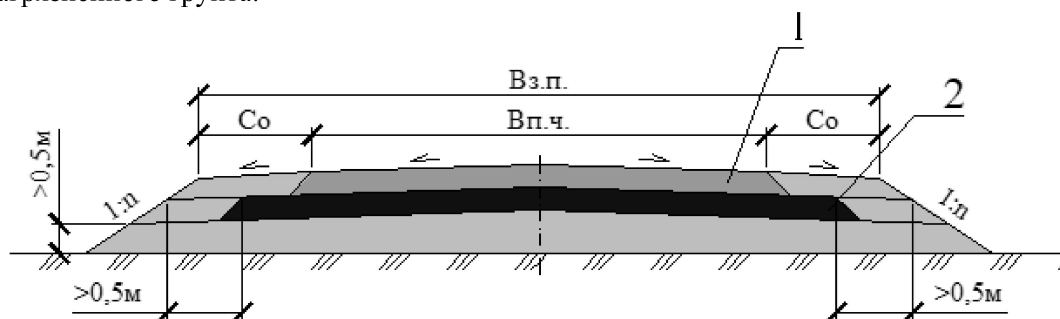


Рис. 1. Конструкция лесовозной дороги с прослойкой из нефтезагрязненного грунта: 1 – покрытие переходного типа (щебеночное, гравийное); 2 – прослойка из укрепленного нефтезагрязненного грунта; Со – ширина обочины; Вп.ч. – ширина проезжей части; Вз.п. – ширина верха земляного полотна

Для разработки требований к нефтезагрязненным грунтам и оценки эффективности введения скелетных добавок и минеральных вяжущих были приготовлены различные составы образцов. В таблице 5 представлены результаты введения портландцемента ПЦ 400-ДО в нефтезагрязненный грунт при различной дозировке, в таблице 6 результаты использования скелетной добавки, а в таблице 7 комплексной добавки.

Таблица 5 –Физико-механические показатели нефтезагрязненного грунта с добавкой портландцемента ПЦ 400-ДО

№ состава	Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов, МПа, в возрасте		Предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов, МПа, в возрасте		Коэффициент морозостойкости
	7 суток	28 суток	7 суток	28 суток	
Ц.1.	1,38	1,60	1,16	1,24	0,32
Ц.2.	1,41	1,84	1,28	1,46	0,47
Ц.3.	1,78	2,07	1,42	1,76	0,61
Ц.4.	2,29	2,95	1,56	1,92	0,76

Таблица 6 –Физико-механические показатели нефтезагрязненного грунта со скелетной добавкой

№ состава	Ц.1	Ц.2	Ц.3
<i>75 % нефтезагрязненного грунта, 25 % скелетной добавки</i>			
Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов при t=20°C, МПа	0,15	0,16	0,13
Коэффициент морозостойкости	0,28	0,27	0,43
<i>50 % нефтезагрязненного грунта, 50 % скелетной добавки</i>			
Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов при t=20°C, МПа	0,18	0,19	0,17
Коэффициент морозостойкости	0,30	0,28	0,45

Введение скелетных добавок позволило провести коррекцию гранулометрического состава нефтезагрязненных грунтов и перераспределить свободную пленку нефти на поверхности минеральных частиц грунта. В тоже время введение минеральных вяжущих позволило улучшить их физико-

механические свойства. Анализ показал, что введение добавок позволяет использовать полученный материал не только в земляном полотне, но даже и в конструктивных слоях дорожных одежд лесовозных дорог.

Таблица 7 –Физико-механические показатели нефтезагрязненного грунта с комплексной добавкой

<i>Номер образца</i>	<i>Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов, 7суток, МПа</i>	<i>Предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов, 28суток, МПа</i>
ПЦ.1.	0,93	1,91
ПЦ.2.	2,85	3,14
ПЦ.3.	3,04	-
ГЦ.1.	0,44	1,42
ГЦ.2.	0,59	1,82
ГЦ.3.	1,28	2,16
ГлЦ.1.	0,15	0,29

При обоснование экологической безопасности нефтезагрязненных грунтов с добавками изучались возможные пути вымывания нефтепродуктов. Основным путем служит фильтрация капельной жидкости через конструктивный слой дорожной одежды или земляного полотна, а так же водная вытяжка нефтепродуктов из конструктивных слоев дорожной одежды или земляного полотна в процессе длительного их обводнения.

Для определения наличия вымывания по первому виду вымывания нефтепродуктов проведены экспериментальные исследования по определению коэффициента фильтрации воды через полученные образцы. Результаты испытаний показали, что благодаря плотной структуре, а также за счет гидрофобизирующего действия нефтяной пленки образцы из уплотненного укрепленного нефтезагрязненного грунта не подвержены фильтрации.

Для определения наличия вымывания нефтепродуктов по второму пути была произведена водная вытяжка измельченной массы нефтезагрязненного грунта в дистиллированной воде по методике [4].

Заключение

Изучены закономерности влияния скелетных и минеральных добавок на нефтезагрязненные грунты и на физико-механические свойства парогидроизолирующих конструктивных слоев дорожных одежд лесовозных дорог.

Было выяснено, что парогидроизолирующие прослойки из нефтегрунтов необходимо располагать в земляном полотне на расстоянии в 0,8 от максимальной глубины промерзания грунтов, но не менее 0,5 м от низа дорожной одежды. Возвышение низа прослойки над уровнем грунтовых вод или длительно стоящих поверхностных вод должно быть не менее 0,5 м. В выемке рекомендуется устраивать парогидроизолирующие прослойки непосредственно под слоем основания дорожной одежды.

Наименьшие значения высоты поднятия капиллярно-поровой влаги были получены при применении песчаного нефтезагрязненного грунта с 30% скелетной добавкой, в независимости от типа применяемого минерального вяжущего, а также при применении глинистого нефтезагрязненного грунта, стабилизированного 50% скелетной добавкой.

Отделение нефти и вымывание не наблюдалось при укреплении нефтезагрязненных грунтов введением портландцемента марки М400-ДО в количестве свыше 10%.

Как видно из результатов испытаний (см. табл. 7), нефтезагрязненные грунты, при введении комплексной добавки, состоящей из скелетной добавки в количестве от 30 до 50% и портландцемента марки М400-ДО в количестве от 8 до 10% могут быть рекомендованы к использованию как материал для парогидроизолирующих прослоек в покрытиях переходного типа для лесовозных автомобильных дорог.

Литература

1. Брехман А.И. Новый дорожно-строительный материал с применением нефтяного шлама / А.И. Брехман, О.Н. Ильина // Известия КГАСУ. - 2005.- №1(3). -С. 78-80.
2. Ильин Б.А. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог / Б.А. Ильин, Б.И. Кувалдин. – М.: Лесн.промсть, 1982. – 384 с.

3. Кручинин И.Н. Возможности повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог в различных сезонных условиях Свердловской области [Текст] / И.Н. Кручинин, С.И. Сушков, В.В. Данилов // Лесотехнический журнал. - 2018- № 4 (32). – С. 157-163.

4. МУК 4.1.1013-01 Определение массовой концентрации нефтепродуктов в воде. МИНЗДРАВ России: М.- 2001.

5. Савельев В.В. Обоснование типа и конструкций одежд лесовозных автомобильных дорог: Дис... докт. техн. наук. / МарГТУ, науч. консультант Ю.А. Ширнин. – Йошкар-Ола, 2006.- 516 с.: ил. – библиограф С.296 -319.

6. Сиденко В.М. Дорожные одежды с парогидроизолирующими слоями / В.М. Сиденко, О.Т. Батраков., Ю.А. Покутнев. - М.: Транспорт, 1984. – 144 с.

7. Трифионов А. А. Органоминеральные дорожно-строительные материалы с использованием нефтешламов: Дис... канд. техн. наук. / КГАСУ. - Казань, 2005. – 187 с.

8. Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств [Текст] /А.Я. Тулаев. -М.: Транспорт, 1980. - 191с.

9. Юшков Б.С. О применении отходов нефтяной отрасли в дорожном строительстве [Текст] / Б.С. Юшков, А.А. Минзуренко // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. -2010. -№ 6. - С. 41-44.

10. Bindu C. S. et. al. Waste plastic as a stabilizing additive in Asphalt Stone Mastic/ International Journal of Engineering and Technology Vol.2 (6), 2010, 379-387.

11. Hossain, Zahid. Evaluation of Rheological Properties of Asphalt Binders for Pavement Design Applications, : CEES Ph.D. Dissertation Defense / Hossain Zahid. – Wednesday, April 20, 2011 .

12. Joao, S. et al. A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework By / S. Joao, F. Adelino, F. Gerardo // International Journal of Pavement Engineering, March. – 2015. – Volume 16. Issue 3. –P. 268–286.

13. Redelius, P. G. (2006). The structure of asphaltenes in bitumen. Road Materials and Pavement Design, 7 (sup1), pp 143-162.

14. Thompson, M. P. Contemporary Forest Road management with economic and environmental objectives / M.P. Thompson // PhD Dissertation, Oregon State University, Pro Quest Dissertations Publishing. – 2009. – 284 p.

©**Колобова А.А.** – ст. препод. кафедры автомобильные дороги и мосты, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ФГБОУ ВО «ПНИПУ»), e-mail: minzurenko.a@yandex.ru; **Клевеко В.И.** – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильные дороги и мосты, ФГБОУ ВО «ПНИПУ», e-mail: vlivkl@mail.ru; **Чижов А.А.** – канд. техн. наук., доцент кафедры транспорта и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (ФГБОУ ВО «УГЛТУ»), e-mail: chizhovaa@m.usfeu.ru; **Лабькин А.А.** – аспирант кафедры транспорта и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «УГЛТУ», e-mail: gabasas@yandex.ru.

UDC 625.852

DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR THE APPLICATION OF OIL CONTAMINATED SOILS IN THE CONSTRUCTION OF VAPOR HYDRO-INSULATING LAYERS ON FOREST ROADS

A.A. Kolobova, V.I. Kleveko, A.A. Chizhov, A.A. Labykin

The main problems of improving logging roads through the use of road construction materials and oil industry waste are considered. Timber roads are located in difficult natural and climatic conditions, which imposes certain restrictions on the use of materials that can ensure their required transport and operational condition. Traditional road construction materials are distinguished not only by the stability of their physical and mechanical characteristics, but also by the significant cost and complexity of delivery. This causes significant complications and increases the cost of building logging roads. At the same time, there is a significant amount of industrial waste that is practically not used in construction practice. We are talking about oil-contaminated soils. Despite a number of experimental studies, the problem of using these soils for the conditions of timber

bases in the Perm region remains unresolved. Thus, the use of oil-contaminated soils on logging roads, with given transport and operational characteristics, taking into account the natural and climatic conditions of operation, as well as the creation of vapor barrier layers, which determined the purpose of this work, will solve the problem. The purpose of the research was to substantiate the possibility of using oil-contaminated soils and develop requirements for them in the construction of steam-hydro-insulating layers on logging roads. The following task was solved in the work: to develop requirements for oil-contaminated soils for the construction of vapor-water barrier layers on logging roads. The result of the work was the creation of a formulation of oil-contaminated soils with skeletal additives and mineral binders. It was determined that the skeletal additive should be from 30 to 50%, and the binder additive from Portland cement grade M400-DO in an amount of 8 to 10%. Given the sufficient adequacy of experimental studies, the results of the selection of additives can be recommended for use in the practice of building vapor barrier layers on logging roads.

Key words: logging roads, oil-contaminated soils, vapor barrier layers.

References

1. Brekhman A.I. [New road construction material using oil sludge] / A.I. Brekhman, O.N. Ilyin // «Izvestiya KGASU» [Proceedings of KGASU]. - 2005. - No. 1 (3). - FROM. 78-80. (InRuss.)
2. Ilyin B.A. [Design, construction and operation of logging roads]// «Lesn.promst'» B.A. Ilyin, B. I. Kuvaldin. - M.: [Lesn.promst], 1982. - 384 p.. (InRuss.)
3. Kruchinin I.N. [Possibilities of improving the transport and operational qualities of logging roads in different seasonal conditions of the Sverdlovsk region] // I.N. Kruchinin, S.I. Sushkov, V.V. Danilov // «Lesotekhnicheskiiy zhurnal» [Forestry journal]. - 2018 - No. 4 (32). - S. 157-163. (InRuss.)
4. MUK 4.1.1013-01 [Determination of the mass concentration of oil products in water]. Ministry of Health of Russia: M. - 2001. (InRuss.)
5. Saveliev V.V. [Substantiation of the type and designs of clothing for timber-carrying highways]: Dis... dokt. tekhn. nauk. [Dis ... doc. tech. sciences]. / MarSTU, scientific. consultant Yu.A. Shirnin. - Yoshkar-Ola, 2006. - 516 p. : ill. - bibliographer P.296 -319. (InRuss.)
6. Sidenko V.M. [Road clothes with vapor barrier layers] // V.M. Sidenko, O.T. Batrakov., Yu.A. Pokutnev. - M.: Transport [M. : Transport], 1984. - 144 p. (InRuss.)
7. Trifonov A. A. [Organo-mineral road construction materials using oil sludge]: «Dis... cand. tech. Sciences.» [Dis... cand. tech. Sciences] // KGASU.- Kazan, 2005. - 187 p. (InRuss.)
8. Tulaev A.Ya. [Design and calculation of drainage devices] /A.Ya. Tulaev. - M.: Transport [M. : Transport],1980. – 191 p. (InRuss.)
9. Yushkov B.S. [On the use of oil industry waste in road construction] / B.S. Yushkov, A.A. Minzurenko // «Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse» [Protection of the environment in the oil and gas complex]. -2010. - No. 6. - S. 41-44. (InRuss.)
10. Bindu C. S. et. al. Waste plastic as a stabilizing additive in Asphalt Stone Mastic/ International Journal of Engineering and Technology Vol.2 (6), 2010, 379-387.
11. Hossain, Zahid. Evaluation of Rheological Properties of Asphalt Binders for Pavement Design Applications, : CEES Ph.D. Dissertation Defense / Hossain Zahid. – Wednesday, April 20, 2011.
12. Joao, S. et al. A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework By / S. Joao, F. Adelino, F. Gerardo // International Journal of Pavement Engineering, March. – 2015. – Volume 16. Issue 3. –P. 268–286.
13. Redelius, P. G. (2006). The structure of asphaltenes in bitumen. Road Materials and Pavement Design, 7 (supl), pp 143-162.
14. Thompson, M. P. Contemporary Forest Road management with economic and environmental objectives / M.P. Thompson // PhD Dissertation, Oregon State University, Pro Quest Dissertations Publishing. – 2009. – 284 p.

©**Kolobova A.A.** – Senior Lecturer of the Department of Roads and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (PTRPU), e-mail: minzurenko.a@yandex.ru; **Kleveko V.I.** – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Roads and Bridges, PTRPU, e-mail: vlivkl@mail.ru; **Chizhov A.A.** – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Road Construction, Ural State Forestry Engineering University (USFU), e-mail: chizhovaa@m.usfeu.ru; **Labykin A. A.** – post-graduate student of the Department of Transport and Road Construction, USFU e-mail: gabasas@yandex.ru.