

**Технологии и материалы для ремонта автомобильных дорог в районах распространения многолетнемерзлых грунтов**© **Сергей Семенович Шабуров, Елена Викторовна Волкова**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Викторовна Волкова, volkova_elena13@mail.ru

Аннотация. Цель работы заключается в изучении проблемы выбора методов ремонта автомобильных дорог на территории зоны вечной мерзлоты. Одной из основных научно-технических и технологических проблем устройства и содержания дорог в северных районах остается проблема обеспечения прочности и устойчивости земляного полотна и инженерных сооружений в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов и глубокого сезонного промерзания грунтов. Были рассмотрены основные причины разрушений дорожных конструкций, в числе которых как глобальное потепление климата, так и сложные геологические и гидрогеологические условия района. После строительства автомобильной дороги «Амур» на многих ее участках наблюдаются деформации. В 2012 году ФКУ Упрдор «Забайкалье» с привлечением проектных, научных организаций выполнило разработку целевой программы по обследованию таких участков. В статье рассмотрены выработанные в соответствии с данной программой мероприятия по ремонту и технологии проведения работ, которые включают: строительство водопропускных труб, устройство каменной наброски, теплodiодных призм и слоев холода, солнцезащитных навесов, защитных берм. Мониторинг отремонтированных участков показывает незначительные деформации покрытия и земляного полотна, полностью стабилизировались 55 % участков. Но окончательная оценка фактора стабилизации мерзлотного слоя грунта требует более длительного периода времени. Важнейшей мерой должно стать создание действующей системы инженерно-геокриологического мониторинга участков автодороги «Амур», при реализации которой можно предупредить опасные проявления деформаций и разработать эффективные меры по защите дорожного полотна от их негативного влияния.

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, вечная мерзлота, строительство и содержание автомобильных дорог, дорожные конструкции, деформации земляного полотна, ремонт автомобильных дорог

Для цитирования: Шабуров С. С., Волкова Е. В. Технологии и материалы для ремонта автомобильных дорог в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 248–255. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-248-255>.

Original article**Technologies and materials for overhauling roads in permafrost areas****Sergey S. Shaburov, Elena V. Volkova**

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Elena V. Volkova, volkova_elena13@mail.ru

Abstract. This paper addressed the selection of overhaul methods for roads in the permafrost area. Ensuring the strength and stability of the road base and engineering structures under the permafrost conditions and deep seasonal freezing of soils remains one of the main scientific and technical challenges of road construction and maintenance in the northern regions. The main factors causing the failure of road structures were reviewed, including both climate change and complex geological and hydrogeological conditions of the area. Since the construction of the Amur Road, the deformation has been observed in many of its sections. In 2012, the Federal State Institution of Road Management “Zabaykalye”, together with engineering and scientific organisations, developed a target programme for inspecting such sections.

The article discusses the renovation measures and technologies elaborated under this programme, which include the construction of culverts, rockfills, thermal diodes and cooling layers, awnings, and protective berms. The monitoring of the repaired sections shows insignificant deformation of the road surface and road base; 55 % of the sections were fully stabilised. However, the final assessment of the permafrost stabilisation will take a longer time. The establishment of an effective system of engineering-geocryological monitoring for the Amur Road should become the most important measure, whose implementation will allow dangerous deformations to be prevented and efficient measures for protecting the roadbed from their negative impact to be developed.

Keywords: permafrost soils, permafrost, construction and maintenance of roads, road structures, deformations of the roadbed, repair of roads

For citation: Shaburov S. S., Volkova E. V. Technologies and materials for overhauling roads in permafrost areas. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(2):248-255. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-248-255>.

Введение

Обобщение опыта применяемых в настоящее время технологий и материалов ремонта автомобильных дорог на территории зоны вечной мерзлоты сделано на основе выполнения дорожных ремонтных работ на автомобильной дороге Р-297 «Амур».

Разработанные рекомендации по проектированию мероприятий по ликвидации деформированных участков автомобильной дороги выработаны исходя из материалов, полученных научными и проектными организациями за 12-летний период эксплуатации автодороги и посвященных выявлению и анализу причин и природы образования таких деформаций.

Следует отметить, что ликвидация деформируемых участков дороги требует больших объемов дорогостоящих работ. В связи с этим возникает закономерный вопрос о том, можно ли было избежать или максимально минимизировать такие последствия. Строительство автомобильной дороги «Амур» протяженностью 2165 км было начато в 1966 году. Средний темп строительства на начальных участках не превышал 30–35 км в год по действующим на тот период нормативным документам [1]. Работы велись с огромными временными перерывами, сменой органов управления и различных программ. С 2000 года, после поручения Президента Российской Федерации В. В. Путина, начались главные, мощные организационные изменения в строительстве дороги, в том числе на особо трудных участках в Читинской и Амурской областях: выработана программа; установлены сроки строительства; обеспечено финансирование, привлечены крупные подрядные организации и др. Принятые меры и решения позволили полностью

завершить строительство автомобильной дороги «Амур» с асфальтобетонным покрытием в 2010 году.

Вместе с тем программа строительства дороги не включала в себя инженерно-технические работы как на первой стадии для переходного типа покрытия, так и на второй стадии по устройству асфальтобетонного покрытия. Проектирование дороги велось по 2-му принципу проектирования, а следовательно:

- без глубокой проработки и учета мерзлотно-геологических, климатических условий проложения трассы автомобильной дороги;

- без учета опыта строительства и эксплуатации Транссиба, БАМа и зарубежного опыта строительства в аналогичных условиях;

- автомобильная дорога запроектирована с облегченным типом покрытия, без учета резкого возрастания автомобильных нагрузок от длинномерного транспорта.

По заказу Росавтодора в результате проведенных исследований НПП «ТрансИГЭМ» в 2004–2006 гг. была выполнена схема мерзлотно-геоморфологического районирования федеральной автомобильной дороги «Амур». К наиболее сложному в мерзлотно-геологическом отношении, где вечномёрзлые породы встречаются на всей территории, следует отнести читинский участок (0–794 км) в Забайкальском крае (рис. 1) [2, 3]. Период с 2006 года относится ко времени проектирования второй стадии строительства дороги, когда можно было в полной мере использовать данные мерзлотно-геоморфологического районирования трассы для разработки и внедрения технических решений по предупреждению проявления многих деформаций на участках дороги.

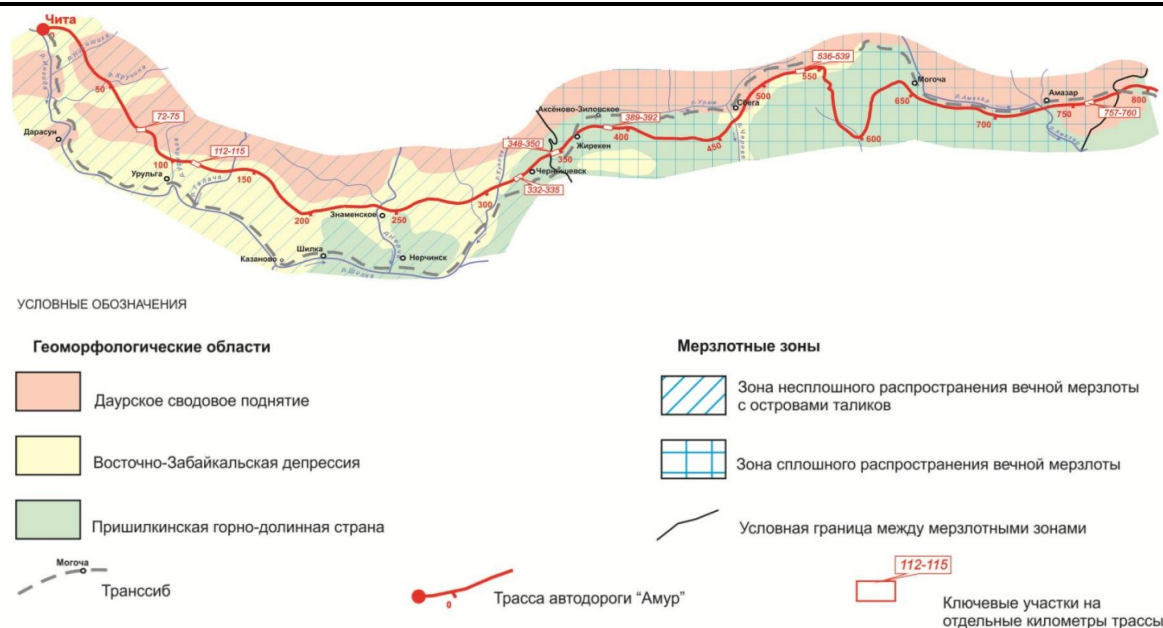


Рис. 1. Схема мерзотно-геоморфологического районирования Забайкальской части трассы федеральной автомобильной дороги «Амур» Чита – Хабаровск, 0–794 км
Fig. 1. Scheme of permafrost-geomorphological zoning of the Trans-Baikal part of the route of the federal highway "Amur" Chita – Khabarovsk, 0–794 km

Методы

Необходимость специальной защиты автомобильной дороги «Амур» от отрицательного влияния инженерно-геокриологических процессов определена формированием и развитием опасных разрушений и деформаций. К таковым относятся:

- просадки земляного полотна по всей ширине поперечного профиля и возникающие при этом трещины, сетка трещин на поверхности проезжей части и обочин;
- оползания, осыпания, размыв откосов насыпей и выемок;
- размыв тела земляного полотна дороги;
- морозное пучение и морозобойное растрескивание дорожных одежд;
- наледи на участках мостовых переходов, в выемках, в кюветах и водоотводных канавах.

Практические примеры строительства дорог на аналогичных территориях (в России – БАМ, в Китае – Цинхай-Тибетская железная дорога, дороги в США на Аляске и в Канаде) показывают, что после устройства автодорог на всех объектах также наблюдаются деформации, связанные с вмешательством человека в складывающиеся веками природно-климатические условия региона и изменением их режима жизнедеятельности [4, 5]. Значительные изменения в формировании и развитии мерзотно-геологических процессов, а также их активизация могут происходить как в природных условиях, так и в результате различных

воздействий промышленных и транспортных технологий, особенно в короткие отрезки времени [6].

Из основных причин деформаций дорожного полотна можно выделить следующие:

- Глобальное потепление климата в последние годы.
- Сложные геологические и гидрогеологические условия [7].
- Техногенные факторы. Наблюдаются деформации, связанные с вмешательством человека в складывающиеся веками природно-климатические условия региона и изменением их режима жизнедеятельности.
- Попадание поверхностной (грунтовой) воды в осадочную чашу к мерзлотному основанию вызывает значительное ослабление прочностных характеристик слагающих его грунтов и деградацию (растепление) многолетнемерзлых грунтов [8].

После ввода в эксплуатацию федеральной трассы «Амур» Чита – Хабаровск в 2010 году резко стали проявляться места деформаций и опасных явлений (рис. 2). В 2012 г. количество таких мест достигло 313 (ликвидировано 103), в 2013 г. – 394, в 2014 г. – 402, в 2015 – 504, в последующие годы с учетом ликвидации и ремонта: в 2016 г. – 312, в 2017 – 284, в 2018 – 235, в 2019 – 195, в 2020 г. число участков с просадками, требующих ликвидации, около 145.



Рис. 2. Деформации дорожной конструкции на участке трассы «Амур» Чита – Хабаровск в Забайкальском крае

Fig. 2. Deformations of the road structure on the section of the highway "Amur" Chita - Khabarovsk in the Trans-Baikal Territory

Ежегодно проявляется около 50 новых участков с деформациями.

В 2012 году ФКУ Упрдор «Забайкалье» с привлечением проектных, научных организаций выполнило разработку целевой программы по обследованию участков автомобильной дороги «Амур», на которых развиваются процессы образования просадок, в целях выявления и изучения причин этих деформаций и выработки мер по их устранению [9].

В рамках данной работы было выполнено:

1. Камеральная работа по сбору и анализу имеющейся на участки автодороги ранее разработанной проектной документации.

2. Инженерно-геологическое обследование с бурением скважин на участках деформаций, 215 скважин глубиной 8–15 м.

3. Выездные работы по определению упругого прогиба нежесткой дорожной одежды.

4. Георадиолокационное обследование ключевых участков.

5. Топографическая съемка участков с деформациями.

6. Оснащение термометрических пунктов, в скважинах выполнены измерения температуры сезонно- и многолетнемерзлых грунтов, определены величины глубин сезонного оттаивания грунтов на основных сложных створах поперечного профиля.

7. Разработка проектной документации по устранению деформаций.

Применяемые ранее технологии ремонта, заключающиеся только в выполнении работ по укладке слоя асфальтобетона [10, 11], кардинально ситуацию не меняют – просадки

возникают вновь через 2–3 месяца, что требует регулярного выравнивания дорожной одежды.

Разрушение дорожной конструкции чаще происходит на высоких насыпях (места устройства водопропускных труб, подходы к мостовым сооружениям и др.), на участках перехода из выемки в насыпь, на слабых грунтах (болота, мари), на пересеченной местности в местах курумообразования, а также у водоотводных канав и кюветов.

Примером устранения последствий процесса разрушения земляного полотна в местах распространения многолетнемерзлых грунтов является локализация и предотвращение деформации земляного полотна и покрытия на 333 км трассы «Амур» в районе ручья Улей.

На данном участке ежегодно производились работы по исправлению профиля дороги как во время строительства, так и после ввода в эксплуатацию указанного участка автодороги в 2006 г. В 2011 году сотрудниками ФКУ Упрдора «Забайкалье» было проведено детальное обследование деформированного участка, определено место дренирования воды через земляное полотно дороги. Ремонт данного участка заключался в проведении работ по укреплению кювета с правой стороны, отводу воды в сторону от насыпи с предотвращением фильтрации воды. В качестве конструктивного элемента для укрепления была применена металлическая труба диаметром 1,0 м, разрезанная пополам и уложенная по дну кювета на протяжении 90 погонных метров (рис. 3). Состояние участка стабилизировалось, и новые деформации не проявляются.



Рис. 3. Укрепление кювета с помощью укладки на дно металлической трубы
Fig. 3. Strengthening the cuvette by laying a metal pipe on the bottom

Результаты и их обсуждение

В соответствии с целевой программой обследования деформаций и опасных явлений выработаны мероприятия по ремонту и технологии проведения работ, которые включают:

- Обеспечение водоотвода от земляного полотна к искусственным сооружениям.
- Перекрытие доступа поверхностных и подземных вод к подошве насыпи и основанию земляного полотна путем устройства водоотводных канав, кюветов, валов, берм, дренажа, а также гидроизоляции основания глинистыми грунтами, гидроизоляционными материалами, бетоном, металлом и т.п. [12].
- Строительство водопропускных труб в местах понижения рельефа местности, не предусмотренных проектами при строительстве [13].
- Устройство каменной наброски на откосных частях земляного полотна насыпи (рис. 4).

- Устройство теплодиодных призм и слоев холода (глины, торфа, дерна, мохорастительного покрова и др.) [14].
- Устройство солнцезащитных навесов из различных материалов (рис. 5) [15, 16].
- Использование вяжущих материалов (сухобетонов, криогелей и т.п.) для организации укрепления приподошвенной зоны земляного полотна [17].
- Устройство защитных (водоотжимных) берм из недренирующих суглинков, глин.
- Применение синтетических нетканых материалов для устройства отвода воды и исключения просачивания поверхностных вод через земляное полотно насыпи [8].
- Укрепление бетоном дна и откосов водоотводных канав и кюветов, водоприемных лотков в местах устройства искусственных сооружений.



Рис. 4. Устройство каменной наброски на откосных частях земляного полотна насыпи
Fig. 4. The device of rock placement on the sloping parts of the subgrade of the embankment



Рис. 5. Устройство солнцезащитных навесов
Fig. 5. Installation of sun protection canopies

Заключение

СТО 01386088-19-2013 «Индивидуальное проектирование железных и автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах», исходя из успешного опыта применения на БАМе, рекомендует устройство на существующем земляном полотне противодеформационных сооружений (охлаждающих конструкций из крупнообломочных скальных пород для снижения температурных показателей грунтов основания дорожной конструкции). На основании вышеперечисленных рекомендаций и в соответствии с СТО 01386088-19-2013 необходимо выполнить разработку проекта ремонтных работ на автомобильной дороге Р-297 «Амур».

Мониторинг отремонтированных участков, начиная с 2013 года и по настоящее время, показывает, что:

1. Незначительные деформации покрытия, земляного полотна и регуляционных сооружений произошли на 45 % отремонтированных

участков, из них критические и аварийные просадки составили 20 %.

2. Полностью стабилизировалось 55 % участков.

3. Оценка фактора стабилизации мерзлого слоя грунта требует более длительного периода времени.

Важнейшей мерой должно стать создание действующей системы инженерно-геокриологического мониторинга участков автодороги «Амур», при реализации которой можно предупредить опасные проявления деформаций и разработать эффективные меры по предотвращению их негативного влияния. При разработке проектов строительства, реконструкции автомобильных дорог в зоне мерзлотно-геоморфологического районирования целесообразно применять 1-й принцип проектирования, который позволит при строительстве осуществить подъем верхней границы многолетнемерзлых грунтов к подошве насыпи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Vinson T. S., Rooney J. W., Haas W. H. Roads and airfields in cold regions. New York: ASCE, 1996. 330 p.
2. Кондратьев В. Г. Стабилизация земляного полотна на вечномёрзлых грунтах. Чита: ТрансИГЭМ, 2011. 175 с.
3. Niu Fujin, Shen Yongping. Guide of Field Excursion after Asian Conference on Permafrost (Aug. 10-16, 2006). Lanzhou, China, 2006. 28 p.
4. Кондратьев В. Г., Соболева С. В. Концепция системы инженерно-геокриологического мониторинга автомобильной дороги «Амур» Чита – Хабаровск. Чита: Забтранс, 2010. 176 с.
5. Dumais S. Évaluation des revêtements routiers à albédo élevé en contexte nordique. Québec: Université Laval, 2014. 162 p.
6. Кондратьев В. Г. Цинхай-Тибетская железная дорога: грандиозная попытка решить проблему стабильности земляного полотна на вечной мерзлоте // Геотехника. 2011. № 1. С. 4–11.
7. Демидюк Л. М. Особенности формирования температурного режима горных пород Читино-Ингодинской депрессии // Мерзлотные исследования. Вып. 4. М.: Изд-во МГУ, 1964. С. 301–315.
8. Дроздов В. В., Шабуров С. С. Причины возникновения деформаций автомобильных дорог и мероприятия по снижению их интенсивности с высокотемпературным типом вечной мерзлоты в основаниях земляного полотна на примере строительства автомобильной дороги

Амур «Чита – Хабаровск» // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2015. № 2 (13). С. 33–45.

9. Кондратьев В. Г., Перекупка А. Г., Примаков С. С., Петрова А. С. Мероприятия по изменению режима теплообмена на поверхности земли и их влияние на распределение температуры в грунте // Нефтяное хозяйство. 2012. № 10. С. 122–125.

10. Berg R. L., Esch D. C. Effect of color and texture on the surface temperature of asphalt concrete pavements // Proc. 4th International Conf. on Permafrost. Fairbanks, Alaska, 1983. p. 30–31.

11. Wu Ziwang. Roadbed engineering in permafrost regions. Lanzhou University, 1988. 104 p.

12. Волкова Е. В., Гайворонский И. Л. Устойчивость откосов земляного полотна // Актуальные проблемы развития строительной отрасли: мат-лы Международной науч.-практ. конф. (Иркутск, 29 июня 2017 г.). Иркутск, 2017. С. 26–33.

13. Иванов В. Б., Балабанов В. Б., Степаненко А. А. Водопроемы на дорогах Севера // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2012. № 2. С. 89–94.

14. Бобученко И. И., Волкова Е. В. Метод стабилизации земляного полотна на участках распространения многолетнемерзлых грунтов // Взаимодействие науки, образования и производства: сб. трудов по мат-лам Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2019. С. 17–27.

15. Кондратьев В. Г., Валиев Н. А. Стабилизация земляного полотна центрального участка БАМ с помощью солнцезащитных навесов // Казахстан-Холод 2016: сб. докладов VI междунар. науч.-техн. конф. (Алматы, 1–2 марта 2016 г.). Алматы: АТУ, 2016. С. 65–72.

16. Feng W., Ma W., Sun Zh., et al. Radiation effect analysis of awning measure on the embankment slope field test in cold regions // Permafrost engineering. Proceeding of the IX international symposium (3–7 September 2011, Mirny, Russia). Якутск, 2011. P. 319–325.

17. Kondratiev V. G. Strengthening railroad roadbed bases constructed on icy permafrost soils // Proc. of Eighth Int. Conf. on Cold Regions Engineering. Fairbanks, Alaska, 1996. p. 336–342.

REFERENCES

1. Vinson TS, Rooney JW, Haas WH. Roads and airfields in cold regions. New York: ASCE; 1996. 330 p.

2. Kondrat'ev VG. Stabilization of subgrade on permafrost soils. Chita: TransIGEM; 2011. 175 p. (In Russ.).

3. Niu Fujin, Shen Yongping. Guide of Field Excursion after Asian Conference on Permafrost (Aug. 10–16, 2006). Lanzhou, China, 2006. 28 p.

4. Kondrat'ev VG, Soboleva SV. The concept of the system of engineering and geocryological monitoring of the highway "Amur" Chita - Khabarovsk. Chita: Zabtrans; 2010. 176 p. (In Russ.).

5. Dumais S. Évaluation des revêtements routiers à albédo élevé en contexte nordique. Québec: Université Laval; 2014. 162 p.

6. Kondrat'ev VG. The Qinghai-Tibet railway: a grandiose attempt to solve the problem of preserving stability of the subgrade on the permafrost. *Geotekhnika = Geotechnics*. 2011;1:4–11. (In Russ.).

7. Demidyuk LM. Features of the formation of the temperature regime of rocks of the Chitino-Ingoda depression. *Merzlotnye issledovaniya*. № 4. Moscow: Izd-vo MGU; 1964. p. 301–315. (In Russ.).

8. Drozdov VV, Shaburov SS. Reasons for automobile roads deformation and measures taken to decrease their intensity with the high-temperature type of ever-frozen ground in the foundation of the earth surface at the example of building automobile road amur "Chita - Khabarovsk". *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' =*

Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate. 2015;2(13):33–45. (In Russ.).

9. Kondratiev VG, Perekupka AG, Primakov SS, Petrova AS. The measures of heat exchange variation on the earth surface and their influence on the temperature distribution in the soil. *Neftyanoe khozyaistvo*. 2012;10:122–125. (In Russ.).

10. Berg RL, Esch DC. Effect of color and texture on the surface temperature of asphalt concrete pavements. *Proc. 4th International Conf. on Permafrost*. Fairbanks, Alaska, 1983. p. 30–31.

11. Wu Ziwang. Roadbed engineering in permafrost regions. Lanzhou University, 1988. 104 p.

12. Volkova EV, Gaivoronskii IL. The stability of the slopes of the subgrade. *Aktual'nye problemy razvitiya stroitel'noi otrasli: mat-ly Mezhdunarodnoi nauch.-prakt. konf. (Irkutsk, 29th June 2017)*. Irkutsk, 2017. p. 26–33. (In Russ.).

13. Ivanov VB, Balabanov VB, Stepanenko AA. Culverts on roads of the North. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2012;2:89–94. (In Russ.).

14. Bobuchenko II, Volkova EV. The method of using the soil cover in the areas of distribution of permafrost soils. *Vzaimodeistvie nauki, obrazovaniya i proizvodstva: sb. trudov po mat-lam Vseros. nauch.-prakt. konf. Irkutsk: INRTU; 2019. p. 17–27. (In Russ.).*

15. Kondrat'ev VG, Valiev NA. Stabilization of the subgrade of the central section of the BAM with the help of sun-protection canopies. *Kazakhstan-Kholod 2016*: sb. dokladov VI mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Almaty, 1–2 marta 2016 g.). Almaty: ATU; 2016. p. 65-72. (In Russ.).
16. Feng W, Ma W, Sun Zh, et al. Radiation effect analysis of awning measure on the embankment

slope field test in cold regions. *Permafrost engineering. Proceeding of the IX international symposium* (Mirny, Russia, 3-7 September 2011). Yakutsk, 2011. p. 319-325. (In Russ.).
17. Kondratiev VG. Strengthening railroad road-bed bases constructed on icy permafrost soils. *Proc. of Eighth Int. Conf. on Cold Regions Engineering*. Fairbanks, Alaska, 1996. p. 336-342.

Информация об авторах

С. С. Шабуров,

кандидат технических наук,
профессор кафедры автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: sss1941@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7539-3641>

Е. В. Волкова,

кандидат географических наук,
доцент кафедры автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: volkova_elena13@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4462-913X>

Information about the authors

Sergey S. Shaburov,

Cand. Sci. (Eng.),
Professor of the Department of Highways,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: sss1941@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7539-3641>

Elena V. Volkova,

Cand. Sci. (Geographic), Associate Professor
of the Department of Highways,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: volkova_elena13@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4462-913X>

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Волкова Е. В. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article. Volkova E. V. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 29.04.2022.
Одобрена после рецензирования 20.05.2022.
Принята к публикации 23.05.2022.

The article was submitted 29.04.2022.
Approved after reviewing 20.05.2022.
Accepted for publication 23.05.2022.