

Исследование свойств и характеристик пеностекольного щебня при применении в дорожных конструкциях

М.А. Лебедева, Э.Ф. Идиятуллина, А.Н. Коркишко

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Аннотация: В данной статье описаны территории северных районов Российской Федерации, проблематика распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ), а также рассмотрены возникающие сложности при строительстве автомобильных дорог в сложных геокриологических условиях. Предложено внедрение в конструкцию дорожной одежды теплоизоляционных слоев из пеностекольного щебня. Исследованы основные физико-технические характеристики, а также определены ключевые свойства пеностекольного щебня. Описан процесс производства пеностекла, преимущества, позволяющие применять данный материал в различных сферах строительства. Рассмотрены типовые дорожные конструкции из грунта. Приведено сравнение типовой конструкции дорожной одежды, выполненной традиционно из грунта (высокая насыпь) с конструкцией с теплоизоляционным слоем из пеностекольного щебня. Перечислены преимущества при применении в дорожном строительстве конструкций с использованием щебня пеностекольного.

Ключевые слова: пеностекольный щебень, дорожная конструкция, автомобильная дорога, теплоизоляционный слой, морозное пучение, север, стекло, строительство, грунт, материал.

Месторождения нефти и газа в Западной Сибири стремительно осваиваются и развиваются. Это влечет за собой интенсивный рост развития транспортной инфраструктуры.

В соответствии с нормативными документами РФ, дорожная одежда на автодорогах предусмотрена из щебня с армированием полимерной геосеткой в нижней ее части [1]. Водоотвод с поверхности дорог обеспечивается двускатным поперечным профилем. Для исключения явлений подтопления, а также для пропуска поверхностных вод под подъездной автомобильной дорогой предусматриваются металлические трубы [2,3].

Типовой поперечный профиль дорожной одежды представлен на рис. 1.

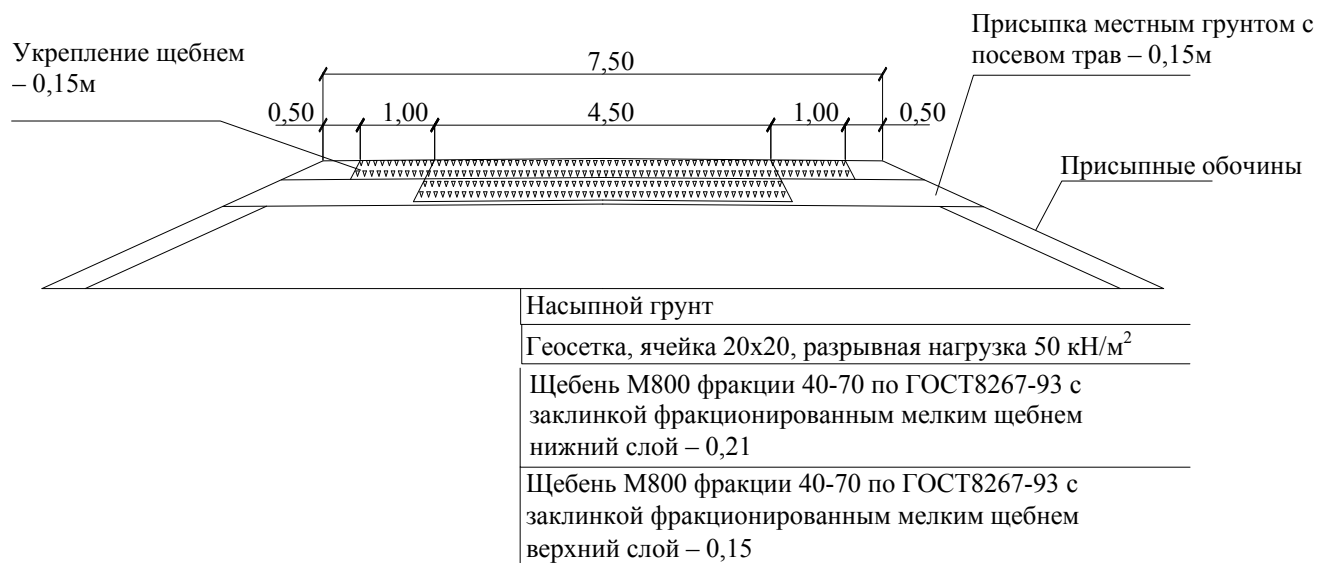


Рис. 1 – Типовой поперечный профиль дорожной одежды

Территория Западной Сибири представляет собой пологоволнистую, плоскую заболоченную равнину, с большим количеством озер.

Из существующих инженерно-геологических процессов наиболее распространены криогенные процессы. Один из них термокарст, который приводит к просадкам территории, уменьшению или потере несущей способности грунтов и к деформациям сооружений [4,5]. Другим распространенным явлением принято считать пучение, причиной которого являются сезонное и многолетнее промерзание. Криогенное пучение при промерзании грунта приводит к образованию пучин в полотне автодорог [6].

Для района характерно практически сплошное распространение многолетнемерзлых грунтов (ММГ). При неоднократных циклах промерзания – оттаивания между частицами грунта образуются пустоты. Кроме того, на практике качество грунтов для возведения насыпи может не отвечать нормативным требованиям, встречается, что насыпь состоит из пучинистых грунтов, тогда он будет неспособен справляться с водоотведением. Таким образом, наличие многолетнемерзлых грунтов, а

также инженерно-геологические процессы как пучение и термокарст – основные условия возникновения различных деформаций и разрушений дорожных конструкций.

При строительстве автомобильных дорог в сложных геокриологических условиях лучшим решением для обеспечения необходимого запаса прочности и надежности будет внедрение в конструкцию дорожной одежды теплоизоляционных слоев из пеностекляного щебня.

Целью данной статьи является исследование основных свойств пеностекляного щебня, а также сравнение типовых дорожных конструкций с дорожной конструкцией с теплоизоляционным слоем из пеностекляного щебня в верхней части тела насыпи.

Производство пеностекла. Для производства пеностекла, в качестве сырья, используется стекло или стеклобой, которые являются твердыми бытовыми отходами. На первой стадии производства стекло размельчают в мелкие частички до получения порошкообразного вещества. Далее, полученный материал отправляется в печь и нагревается при высокой температуре (порядка 950 °С), выделяется газ, который впоследствии вспенивает стекло. После чего, полученный материал охлаждается, распадаясь на фракции, таким образом, и получают пеностекляный щебень [7].

В таблице №1 представлено сравнение физико-механических характеристик щебня и пеностекла.

Таблица №1

Физико-механические характеристики пеностекляного щебня

Характеристика	Щебень	Пеностекло
Плотность насыпная, кг/м ³	1370-1690	100-240
Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м·К)	1,51	0,062-0,08

Теплопроводность в условиях эксплуатации Б, Вт/(м·К)	1,86	0,065-0,085
Прочность при сжатии, МПа (т/м ²)	0,8-1,6 (80-160)	0,35-1,98 (35-198)
Температурный интервал эксплуатации, °С	от -200 до +550	от -200 до +550
Уровень горючести, группа	НГ	НГ
Водопоглощение кратковременное при полном погружении на 24 часа, % об	0,75	1,5
Морозостойкость, марка	F300	F100
Угол внутреннего трения	51	45-48°

Преимущества. Данный материал обладает практически неограниченным сроком службы, так как не содержит в своем составе элементов, которые со временем утратили бы свои свойства. Материал легко переносит перепады температуры, следовательно, морозоустойчив. Пеностекло обладает высокой прочностью, его прочность при сжатии составляет около 230-275 кН/м². Не дает усадку в конструкции и не изменяет геометрических размеров.

Данный материал негорюч, имеет группу горючести «НГ» в соответствии со стандартами. Материал легко транспортируется, не требует особых условий хранения на строительной площадке.

Использование стеклобоя в качестве сырья увеличивает потребность в переработке стекла, тем самым положительно влияя на экологическую ситуацию.

Выявленный ряд преимуществ позволяет применять пеностекло в различных сферах строительства, таких как:

– Промышленное и гражданское строительство. Используется в качестве теплоизоляционного материала для фундаментов, подвалов, кровель, инженерных коммуникаций;

– Дорожное строительство. В строительстве дорог пеностекольный щебень используется в качестве несущего, теплоизоляционного и дренажного материала. Теплоизоляционный слой в теле насыпи используется для сохранения твердомерзлого состояния грунтов на срок эксплуатации и исключения просадок насыпи. Также может применяться при строительстве дорог на слабых и болотистых грунтах.

Сравним конструкцию дорожной одежды, выполненную традиционно из грунта (высокая насыпь) и конструкцию с теплоизоляционным слоем из пеностекольного щебня, представленные на рис. 1 и 2 соответственно.

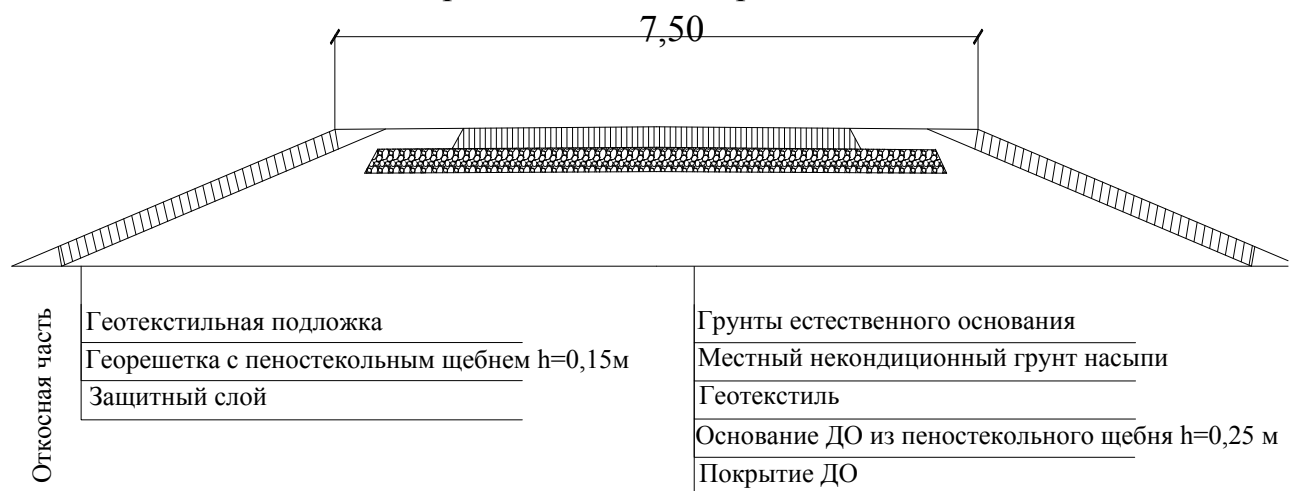


Рис. 2. – Дорожная конструкция с теплоизоляционным слоем из пеностекольного щебня

Из представленных рисунков можно увидеть, как изменяется конструкция дорожной одежды при использовании пеностекольного щебня. При первом варианте требуются большие объемы грунта, а, следовательно, увеличивается объем земляных работ. При использовании варианта с применением пеностекольного щебня данные объемы сокращаются. Также, при традиционной конструкции дорожной одежды требуется качественный непучинистый привозной грунт [8], тогда как для второго варианта можно использовать любой местный грунт. Кроме того, высокая насыпь создает большую нагрузку на основание. При использовании пеностекольного щебня

в конструкции дорожной одежды теплоизоляционный слой заменяет основание. При сравнении данных конструкций можно отметить, что использование пеностекольного щебня имеет ряд преимуществ над традиционной технологией.

Применение в дорожном строительстве конструкций с использованием щебня пеностекольного позволит:

- Повысить прочность и устойчивость земляного полотна за счет регулирования водно-теплового режима;
- Обеспечить надежность и ровность дорожного покрытия за счет исключения просадок и морозного пучения;
- Сократить сроки строительно-монтажных работ за счет простой технологии устройства слоя;
- Повысить долговечность конструкции и увеличить межремонтные сроки;
- Снизить эксплуатационные затраты на ремонт и содержание;
- Применять в теле насыпи мерзлокомковатые, песчаные, глинистые и торфяные грунты;
- Сократить земляные работы из-за уменьшения отметок насыпей на участках, где при традиционных конструкциях действуют ограничения СНиП;
- Получить значительный экономический эффект за счет резкого уменьшения объема привозных строительных материалов.

Применение пеностекольного щебня идеально подходит при строительстве автомобильных дорог в условиях распространения вечномерзлых грунтов, глубокого сезонного промерзания, дефицита качественных грунтов для земляных работ [9].

Предлагаемая конструкция дорожной одежды с использованием теплоизоляционного слоя из пеностекольного щебня обеспечит экономию на

содержании и ремонте в течение жизненного цикла дороги за счет увеличения межремонтных сроков и предотвращения разрушения дорожных конструкций.

В рамках данной статьи были проведены сметные расчеты для анализа эффективности применения пеностекла в качестве материала конструкции дорожной одежды. В качестве территориального объекта, для проведения расчета, был выбран Ямало-Ненецкий автономный округ, который находится в условиях Крайнего Севера и является местом распространения многолетнемерзлых грунтов. При расчете были применены территориально-единичные расценки для данного региона. Для перевода цен в уровень 2019 года был использован коэффициент изменения сметной стоимости. Данный расчет является справочным, так как при строительстве автомобильной дороге в уточненном районе будет учитываться ряд характерных факторов, влияющих на стоимость строительства дороги.

Таблица №2

Анализ стоимостей конструкций дорожной одежды

Наименование работ	Стоимость, тысяч рублей	
	Традиционная конструкция дорожной одежды	С применением пеностекольного щебня
Земляные работы, в том числе:	70 174,11	27 612,69
<i>перевозка грузов</i>	8 956,85	3 524,41
<i>материалы</i>	56 719,73	22 318,54
Устройство дорожной одежды, в том числе:	9 638,98	6 588,15
<i>материалы</i>	8 005,18	4 954,35
Итого:	79 813,09	34 200,84

Исходя из данной таблицы можно увидеть, что применение дорожной конструкции из пеностекольного щебня позволяет сократить объем привозного грунта и земляных работ за счет возможности понижения

рабочих отметок насыпей на участках, где при традиционных конструкциях действуют ограничения СНиП, а также способствует существенному сокращению объема привозных каменных материалов [10]. Применение пеностекла упрощает процесс теплоизоляции и уменьшает объем расходных материалов, что в свою очередь снижает стоимость работ. Кроме того, такие свойства, как легкость, долговечность и стойкость к любым агрессивным средам, позволяют экономить на его хранении и транспортировке. Пеностекло выполняет сразу несколько функций: одновременно является несущим выравнивающим материалом, теплоизоляционным слоем и дренажом, что также позволяет снизить стоимость строительства.

Литература

1. Ушаков В.В., Ольховиков В.М. Строительство автомобильных дорог: учебник. М.: 2013. 576 с.
2. Федотов Г.А. Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника. М.: Транспорт, 1989. 437 с.
3. Федотов Г.А., Поспелов И.Г. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 книгах. Книга 1. М.: Высшая школа, 2009. 646 с.
4. Koronotova N. G., Milyaeva E. V. Plant community succession in post-mined quarries in the northern-taiga zone of West Siberia // Springer International Publishing AG, October 2011, Volume 4, Issue 5, pp. 513-518.
5. Jorgenson M. T., Racine C. H., Walters J. C., Osterkamp T. E. Permafrost Degradation and Ecological Changes Associated with a Warming Climate in Central Alaska // Springer International Publishing AG, March 2001, Volume 48, Issue 4, pp. 551-579.
6. Иванов К.С. Новый изоляционный материал для термостабилизации грунтов // Криосфера Земли. 2011. №4. С. 120-122.
7. Кузнецова О.В., Лазарева Е.А., Субботин А.И. Получение пеностекла на основе техногенных отходов и литийсодержащих соединений // Инженерный вестник Дона. 2015. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3103.



8. Никишин А.В., Набоков А.В., Огороднова Ю.В., Коркишко О.А. Применение различных видов систем температурной стабилизации на объектах нефтегазовой отрасли // Инженерный вестник Дона. 2017. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4182.
9. Коротков Е.А. Пеностекло в дорожном строительстве – новое направление использования материала // Вестник МАДИ. 2016. №1(44). С. 87-97.
10. Тюрин Н.А. Дорожно-строительные материалы и машины: Учебник. М.: Академия. 2013. 240 с.

References

1. Ushakov V.V., Ol'khovikov V.M. Stroitel'stvo avtomobil'nykh dorog: uchebnik [Road construction]. Moskva: 2013. 576 p.
 2. Fedotov G.A. Proyektirovaniye avtomobil'nykh dorog: spravochnik inzhenera-dorozhnika [Road Design: A Road Engineer Handbook]. Moskva: 1989. 437 p.
 3. Fedotov G.A. Izyskaniya i proyektirovaniye avtomobil'nykh dorog. V 2 knigah Kniga 1: uchebnik [Research and design of automobile roads. In 2 books. Book 1: textbook]. Moskva: 2009. 646 p.
 4. Koronatova N. G., Milyaeva E. V., Plant community succession in post-mined quarries in the northern-taiga zone of West Siberia. Springer International Publishing AG, October 2011, Volume 4, Issue 5, pp. 513-518.
 5. Jorgenson M. T., Racine C. H., Walters J. C., Osterkamp T. E. Permafrost Degradation and Ecological Changes Associated with a Warming Climate in Central Alaska. Springer International Publishing AG, March 2001, Volume 48, Issue 4, pp. 551-579.
 6. Ivanov K.S. Kriosfera Zemli. 2011. № 4. Pp. 120–122. URL: izdatgeo.ru/journal.php?action=output_more&id=2&lang_num=1&year=2011&issue=4&nodoi=1&page=120.
 7. Kuznetsova O.V., Lazareva Ye.A., Subbotin A.I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3103.
 8. Nikishin A.V., Nabokov A.V., Ogorodnova YU.V., Korkishko O.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2017. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4182.
 9. Korotkov Ye.A. Vestnik MADI. 2016. № 1 (44). Pp. 87-97. URL: madi.ru/2227-vestnik-moskovskogo-avtomobilno-dorozhnogo-gosudarstvennogo.html
-



10. Tyurin N.A. Dorozhno-stroitel'nyye materialy i mashiny: Uchebnik [Road-building materials and machines: Textbook]. Moskva: Akademiya. 2013. 240 p.