

## ОТЗЫВ

официального оппонента по диссертационной работе

**КОРОТКОВА Евгения Анатольевича**

На тему: «Влияние морозозащитного слоя из гранулированной пеностеклокерамики на морозное пучение грунтов земляного полотна **автомобильных дорог**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Диссертация Короткова Е.А. выполнена в Институте криосферы Земли СО РАН. Она состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 166 страниц (формата А4), включая 75 рисунков и 23 таблицы. Приложения приведены в конце диссертации.

**Актуальность темы диссертации.** До 90% площади Российской Федерации характеризуется районами с избыточным увлажнением и глубоким сезонным промерзанием грунтов. Опыт строительства и эксплуатации автомобильных дорог на данных территориях указывает на необходимость применения дополнительных мероприятий по сохранению транспортно-эксплуатационных характеристик в межремонтный период. Одна из основных причин разрушения дорожных конструкций на данных территориях - морозное пучение грунтов. В настоящее время обеспечения противопучинных мероприятий дорожных конструкций выполняется путем устройства дополнительных морозозащитных слоев в основании дорожной одежды. Использование новых строительных теплоизоляционных материалов, изготовленных из местного сырья, для устройства дополнительных морозозащитных слоев в основании дорожной одежды позволит снизить стоимость строительства автомобильных дорог и увеличить долговечность и безаварийность дорожных конструкций. Одним из таких материалов является гранулированная пеностеклокерамика, получаемая на основе кремнистого сырья. Однако вопросы экспериментальных исследований, теплотехнического расчета и конструирования дорожных одежд с

морозозащитным слоем из гранулированной пеностеклокерамики для применения в регионах со сложными природно-климатическими и грунтово-геологическими условиями проработаны недостаточно. Поэтому тема диссертации о влиянии морозозащитного слоя из гранулированной пеностеклокерамики на морозное пучение грунтов земляного полотна автомобильных дорог *является актуальной*.

**Содержание диссертационной работы** характеризуется следующим.

*Во введении* рассмотрена актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, приведены сведения о различных аспектах работы, в частности о научной новизне, положениях, выносимых на защиту, степени достоверности результатов, личном вкладе автора, указаны данные о структуре и объеме диссертации.

*В первой главе* рассмотрены современные материалы и подходы, используемые при устройстве морозозащитных слоев конструкций автомобильных дорог, отражена эволюция взглядов в конструировании морозозащитных слоев дорожной одежды. Для устройства морозозащитных слоев в конструкции автомобильных дорог предлагается использовать новый строительный теплоизоляционный материал – гранулированная пеностеклокерамика, который должен обеспечивать дополнительный запас прочности дорожных конструкций и улучшать водно-тепловой режим земляного полотна и основания автомобильной дороги. Сформулированы цель и задачи исследований.

*Во второй главе* изложены параметры универсального экспериментального стенда, позволяющего в лабораторных условиях моделировать процессы промерзания грунтов земляного полотна. Предложена методика проведения экспериментальных исследований на разработанном универсальном стенде, приближенная к условиям, вызывающим морозное пучение глинистых грунтов земляного полотна автомобильных дорог. На основании результатов исследования физико-технических свойств гранулированной пеностеклокерамики фракции 5-20 мм обоснована возможность применения данного материала при устройстве морозозащитных, теплоизоляционных и дренирующих слоев автомобильной дороги.

*В третьей главе* излагаются результаты и анализ проведенных лабораторных исследований температурного режима и морозного пучения грунтов земляного полотна инженерных сооружений в условиях промерзания для 3-х моделируемых конструкций: модель с плитами из экструзионного пенополистирола, модель с гранулированной пеностеклокерамикой и модель без теплоизолятора. Приводится сопоставление экспериментальных данных с данными численного моделирования, выполненного с помощью современного программного комплекса - «QFrost». По результатам сравнений установлено, что положительный эффект от использования гранулированной пеностеклокерамики для устройства морозозащитного слоя в конструкции автомобильной дороги достигается за счет снижения глубины сезонного промерзания грунтов земляного полотна, и следовательно, уменьшения процессов морозного пучения. Сопоставление экспериментальных данных с результатами математического моделирования показало хорошую сходимость – расхождение результатов физического и математического моделирования составляет 5-10%.

*В четвертой главе* изложены результаты теплотехнического расчета реальных дорожных конструкций с морозозащитным слоем из песка мелкого и гранулированной пеностеклокерамики, на основании которых предложена для практической реализации оптимальная дорожная конструкция с устройством морозозащитного слоя из гранулированной пеностеклокерамики в основании дорожной одежды. Предложенная конструкция применима для ремонта, реконструкции, а также нового строительства автомобильных дорог. Определен опытно-экспериментальный участок автомобильной дороги для производственного внедрения предложенной конструкции дорожной одежды с морозозащитным слоем из гранулированной пеностеклокерамики.

*Заключение.* По результатам исследований автором сделано девять выводов. В конце заключения соискателем сформулированы рекомендации и перспективы применения гранулированной пеностеклокерамики при строительстве других инженерных сооружений.

*В приложении* приводится копия патента на полезную модель, копия СТО № 90903792.001 – 2015. «Материал «ДиатомИК» теплоизоляционный

гранулированный. Технические условия», копия письма о согласовании в ФДА «РОСАВТОДОР» СТО №90903792.001 – 2015. «Материал «ДиатомИК» теплоизоляционный гранулированный. Технические условия», копия Технических условий по применению гранулированного теплоизоляционного материала «ДиатомИК» для стабилизации земляного полотна и копия актов внедрения результатов исследования.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается следующим:

Во-первых, корректностью постановки цели и задач диссертации. Во-вторых, достаточно полным анализом литературных источников по рассматриваемой теме, включая научные статьи отечественных и зарубежных ученых. В-третьих, результатами экспериментальных исследований процесса промерзания грунтов земляного полотна автомобильной дороги с устройством морозозащитного слоя из гранулированной пеностеклокерамики в основании дорожной одежды с измерением температурного режима и морозного пучения грунта. В-четвертых, сопоставлением результатов экспериментов с данными численного моделирования в расчетном комплексе «QFrost» и данными исследования других авторов. Полученные результаты исследований явились основой для разработки конструкции автомобильной дороги с устройством морозозащитного слоя из гранулированной пеностеклокерамики в основании дорожной одежды и разработки серии нормативно-технической документации.

**Достоверность результатов исследований.** Достоверность результатов исследований базируется на использовании основных положений механики грунтов, инженерной геологии и теплофизики, подтверждается необходимым объемом экспериментальных исследований, выполненных на поверенном оборудовании. Достоверность результатов исследований обеспечена также использованием сертифицированного программного комплекса при численном моделировании решаемых задач.

**Научная новизна результатов исследований.** Научная новизна результатов исследований состоит в следующем:

1. Разработан универсальный экспериментальный стенд, позволяющий исследовать температурный, влажностный и деформационный режим грунтов земляного полотна инженерных сооружений, функционирующих в режиме сезонного промерзания.

2. С использованием разработанного экспериментального стенда установлены закономерности влияния морозозащитного слоя из гранулированной пеностеклокерамики на температурный, влажностный и деформационный режим грунтов земляного полотна при моделировании инженерных сооружений, функционирующих в режиме сезонного промерзания.

3. Установлен характер влияния морозозащитного слоя из гранулированной пеностеклокерамики на процессы морозного пучения грунтов земляного полотна моделей в сравнении с пенополистирольными плитами и вариантом без устройства морозозащитного слоя. Получены экспериментальные доказательства равносильного воздействия морозозащитных слоёв из гранулированной пеностеклокерамики и пенополистирольных плит на динамику морозного пучения и водно-тепловой режим грунтов моделей при толщине слоёв 60 и 30 мм соответственно.

4. Разработаны новые конструктивно-технологические решения строительства автомобильных дорог с использованием гранулированной пеностеклокерамики в качестве морозозащитного слоя дорожной одежды в районах с сезонным промерзанием/оттаиванием. Новизна предложенных дорожных конструкций подтверждается патентом на полезную модель – дорожная конструкция: пат.154137 РФ: МПК E01C3/06 / В.П. Мельников, Е.А. Коротков, К.С. Иванов – опубл: 20.08.2015. – Бюл. №21. – 4 с. (приложение А).

**Практическая и научная ценность результатов исследований.** Практическая и научная ценность работы заключается в применении разработанного универсального экспериментального стенда при обосновании использования гранулированной пеностеклокерамики в основании дорожной одежды в качестве морозозащитного слоя, работающего при различных температурных и грунтовых условиях. Материалы исследований использованы

при разработке конструкции автомобильной дороги с устройством морозозащитного слоя из гранулированной пеностеклокерамики в основании дорожной одежды и разработке серии нормативно-технической документации.

**Личный вклад соискателя.** Личный вклад соискателя заключается в подготовке цели и задач диссертации, поиске путей их решения, анализе и обобщении полученных результатов. Непосредственно автором выполнен значительный объём в подготовке и проведении экспериментальных исследований, сопоставлены полученные результаты с данными численного моделирования и сформулировано итоговое заключение по диссертационной работе. Соискатель принимал активное участие в разработке нормативно-технической документации по результатам проведенных исследований.

**Апробация работы и полнота публикаций.** Результаты диссертационных исследований достаточно полно доложены на региональных, всероссийских и международных научно-практических конференциях. Основные результаты работы изложены в 13 научных статьях, 7 из которых в изданиях рекомендуемых ВАК РФ, получен 1 патент на изобретение.

**Замечания по диссертационной работе.**

1. В главе 1 автором не изложены существующие зарубежные и отечественные методики расчета морозозащитного слоя дорожной одежды автомобильных дорог.

2. Из текста главы 2 не ясно, учитывалось ли при разработке универсального экспериментального стенда, что при промерзании модели между грунтом и боковыми стенками стенда возникают силы трения, которые будут влиять на величину морозного пучения.

3. В таблице 2.8 (с.79) указана низкая марка по морозостойкости гранулированной пеностеклокерамики - F25. Автор не даёт пояснения о возможности использования материала с указанной маркой по морозостойкости в конструкции дорожной одежды.

4. В п.9 (с.99) автором утверждается «Промораживание экспериментальных моделей осуществляется только с верхней границы, что отражает реальный процесс промерзания дорожных конструкций». В реальных условиях, в осенний

период, промерзание конструкции автомобильной дороги происходит не только с верхней границы, но и со стороны откосов.

5. При описании методики проведения экспериментов автором не указано, какое количество экспериментов было проведено с каждой моделью (повторяемость, серия). Оценивалась ли погрешность в серии экспериментов.

6. В эксперименте использовалась полиэтиленовая пленка между моделью грунта и слоем теплоизоляции, в результате увлажнение морозозащитного слоя не происходило. В процессе эксплуатации автомобильной дороги в реальных условиях влажность предложенного морозозащитного материала будет меняться, в следствии чего изменятся теплофизические характеристики материала. Оценивалось или нет данное обстоятельство при физическом или численном моделировании?

7. При проведении серии экспериментов автор не уточняет варьировался или нет уровень грунтовых вод в универсальном экспериментальном стенде.

8. Изменялась или оставалась постоянной во всех экспериментах температура, заданная на верхней и нижней грани модели грунта. Почему выбраны именно такие значения температур.

**Общие выводы по работе.** Диссертация Короткова Е.А. оставляет хорошее впечатление. Она является актуальной, имеет научную новизну, теоретическое и практическое значение. Сделанные замечания не снижают ценности выполненных исследований, так как они устранимы и должны быть учтены в последующей работе. В целом диссертация написана хорошим языком, общие выводы вполне соответствуют результатам диссертационной работы. Результаты диссертационных исследований достаточно полно доложены на региональных, всероссийских и международных научно-практических конференциях. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Вышеизложенное даёт основание считать, что диссертационная работа Короткова Е.А. представляет собой законченный научный труд, в котором содержится решение задач, имеющих существенное значение для проектирования и строительства автомобильных дорог в регионах со сложными природно-климатическими и грунтово-геологическими условиями. Диссертационная работа

