

УДК 661.175.3

Алена Алексеевна Кошелева, магистрант,

МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, zy-zy13@mail.ru

Наталья Константиновна Тагиева, канд. техн. наук, академик МАкТ, доц.,

МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, natagie@mail.ru

Екатерина Амирановна Пруидзе, ассистент,

МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, ekaterina.pruidze@mail.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНОЙ ОБРАБОТКЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация. В статье представлен обзор истории использования в России противогололедных материалов, обеспечивающих бесперебойную и безопасную эксплуатацию дорожного хозяйства. Проведен анализ способов борьбы с зимней скользкостью на дорогах и применяемых противогололедных материалов, их воздействия на окружающую среду и дорожное покрытие. Рассмотрено изменение тягово-сцепных свойств транспортных средств с обработанной противогололедными материалами поверхностью покрытий автомобильных дорог.

Ключевые слова: содержание автомобильных дорог, снежно-ледяные отложения на дорожном покрытии, борьба с зимней скользкостью, противогололедные материалы, сцепление шин автомобилей с обработанной поверхностью дорожного покрытия.

Alena A. Kosheleva, undergraduate,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, zy-zy13@mail.ru

Natalya K. Tagieva, Ph. D., academician MAkT, associate professor,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, natagie@mail.ru

Ekaterina A. Pruidze, assistant,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, ekaterina.pruidze@mail.ru

ANALYSIS OF METHODS AND MATERIALS USED IN ANTI-ICING PROCESSING ASPHALT CONCRETE ROAD PAVEMENT

Abstract. The article provides an overview of the history of use of anti-icing materials in Russia to provide trouble-free and safe operation of road facilities. There is an analysis of ways to fight winter slipperiness on roads and applied anti-icing materials, their impact on the environment and the road surface. The change of towing-coupling properties of vehicles with treated anti-icing materials surface coatings of highways is considered.

Key words: maintenance of roads, snow-ice deposit on the pavement, the fight with winter slipperiness, anti-icing materials, car tires grip with a treated the road surface.

Введение

Автомобильные дороги являются неотъемлемой частью транспортной инфраструктуры государства. Качество дорог и их доступность сказывается на жизни каждого. Для обеспечения бесперебойного движения автомобильного транспорта необходима не только профессиональная укладка асфальта, но и своевременное, круглогодичное и соответствующее регламентированным требованиям содержание эксплуатируемых дорог. Одним из наиболее сложных сезонов, с точки зрения содержания автомобильных дорог, является осенне-зимний период, что определяется не только выпадением осадков в виде снега, но и образованием ледяных отложений на дорожных покрытиях. Снежно-ледяные отложения, существенно осложняющие дорожную обстановку, являются неизбежными природными явлениями в зимних условиях. В большинстве регионов России зимнее количество месяцев составляет 3–4, а в некоторых может достигать до 6–8 месяцев в год [1]. В течение этого периода образование на покрытиях дорог снежно-ледяных отложений существенно снижает скорость движения транспортных средств, а в некоторых условиях их движение и вовсе парализуется и очень часто на длительный период времени. Но самое существенное отрицательное

осложнение – снижение транспортной безопасности и не только для автотранспорта, но и для всех участников дорожного движения (рис. 1) [2].



Рис. 1. Столкновение двух автомобилей в Волгограде из-за гололеда

Такая ситуация требует принятия оперативных мер по борьбе с зимней скользкостью и не только в случае ее фактического образования, но и своевременного ее предупреждения, для обеспечения безопасности на дорогах и предотвращения возможных ДТП. Основным способом, наиболее широко применяемым в мировой и российской практике содержания автомобильных дорог в зимний период, является применение фрикционных или химических материалов, назначение которых – обеспечить увеличение сцепления шин автомобилей с дорожным покрытием, таяние образовавшихся или предотвращение образования ледяных отложений на покрытии [1]. Такая обработка дорожного покрытия, наряду с своевременным удалением с покрытия снежной массы или влаги, является оптимальным вариантом обеспечения бесперебойной эксплуатации дорог и транспортной безопасности.

Применение противогололедных материалов

Гололедица – стекловидный, снеговидный лед на поверхности покрытия. Образуется вследствие замерзания жидких осадков (часто переохлажденных) – дождя, мороси, капли, густого тумана и мокрого снега, а также талой воды в слое снега [3]. Обледенение поверхности покрытия автомобильной дороги может быть сплошным на большой

протяженности или возникать на отдельных небольших его участках (рис. 2). При появлении гололеда на дорогах, в первую очередь, существенно ухудшается сцепление шин автомобиля с поверхностью дорожного покрытия. Так, при обледенении поверхности дороги и образовании на ней снежного покрова, коэффициент сцепления (ϕ) становится очень малым и может несколько увеличиваться при понижении температуры воздуха от 0°C до -15°C [4].



Рис. 2. Снежно-ледяные отложения на автомобильной дороге

Целенаправленную борьбу с гололедными явлениями на автомобильных дорогах в нашей стране начали вести с 1920 г. В то время для этой цели использовали фрикционные и комбинированные противогололедные материалы, обеспечивающие повышение сцепления шин с покрытием – песок, гранитную или мраморную крошку, и даже золу. В качестве основного комбинированного противогололедного материала, наиболее эффективно обеспечивающего решение задачи повышения сцепления, являлась смесь технической соли (NaCl), как противогололедного реагента, и песка. Песко-соляная смесь оставалась приоритетным противогололедным материалом вплоть до 60-х годов, а в 1995–1996 гг. было принято решение о преимущественном использовании в качестве противогололедного материала химического реагента чистой технической соли (NaCl) [5, 6]. Такое решение было основано на некоторых существенных отрицательных технических результатах применения песко-соляной смеси, особенно в городах – скопившийся на

дорогах, обочинах, тротуарах, в придорожной полосе песок, при таянии снега, загрязнял газоны, забивал водостоки и сливную канализацию. Из-за этого коммунальным службам приходилось прилагать значительные усилия и тратить средства на сбор песка, прочистку инженерных коммуникаций, утилизацию собранного грязного песка.

Главными преимуществами же применения технической соли являются ее плавящая лед способность, снижение требуемого количества такого реагента для достижения необходимого эффекта, эффективность использования при относительно низком диапазоне температуры. Как любой химический реагент, применение соли имеет и недостатки, связанные с отрицательным воздействием на окружающую среду. При повышении количества (плотности) распределения на поверхности покрытия соли, сверх рекомендуемого и соответствующего требованиям безопасности объема, ее накопление и воздействие на окружающие объекты становится опасным и вредным. Не просто так химические материалы проходят многосторонние испытания на разнообразное воздействие на окружающую среду и только после этого рекомендуются к применению в соответствии с установленными нормами их безопасного применения (экологической безопасности). Учитывая возможность применения других видов химических противогололедных реагентов и необходимости обеспечения безопасности их применения в 2007 г. правительство Москвы выпустило постановление «О порядке допуска к применению противогололедных реагентов для зимней уборки объектов дорожного хозяйства в городе Москве». В соответствии с положениями этого документа на объектах дорожного хозяйства города Москвы допускается применение только тех противогололедных реагентов, которые прошли предварительную оценку воздействия на жизнь и здоровье граждан, состояние компонентов окружающей среды, включая растения, почву, водные объекты, на состояние объектов

дорожного хозяйства и связанных с ними гидротехнических и других коммуникаций [7].

В настоящее же время в Москве действует «Технология зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства города Москвы), предусматривающая применение в качестве противогололедных материалов и гранитного щебня фракции 2–5 мм (на зимние периоды с 2010–2011 гг. и далее)». Технология разработана в целях обеспечения бесперебойного и безопасного движения транспортных средств и пешеходов на территории города в зимний период при любых погодных условиях [8].

В качестве противогололедных материалов на автомобильных дорогах общего пользования, в соответствии с реальными климатическими условиями и особыми требованиями, применяются в частности фрикционные материалы. Например, на дорогах III–V категорий, а также на дорогах, расположенных в регионах с продолжительными и устойчивыми низкими температурами, применяют фрикционные ПГМ – песок, песчано-гравийную смесь, гранитную крошку, шлак либо золу уноса. Обычно используется именно тот материал, который в большей мере представлен в данном регионе. Основная задача применения фрикционных материалов на таких категориях автомобильных дорог общего пользования – повышение сцепления шин с поверхностью дорожного покрытия в условиях наличия гололедных явлений. Изменение коэффициента сцепления после обработки дорожного покрытия песком представлено на рис. 3. Результаты эксперимента по измерению продольного коэффициента сцепления (φ_x) при разных скоростях движения автомобиля показывают, что на обледеневшем и не обработанном фрикционным материалом (песком) покрытии ниже φ_x , чем на обработанном, при любой из скоростей движения (20, 40, 60 км/ч).

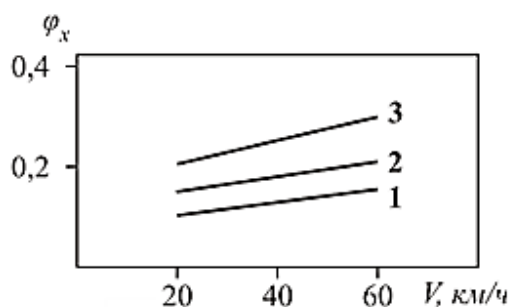


Рис. 3. Зависимость продольного коэффициента сцепления (φ_x) от разных условий движения, замеренного при разных скоростях (V): 1 – не обработанное обледеневшее покрытие; 2 – покрытие, обработанное по норме 100 г/м^2 ; 3 – покрытие, обработанное по норме 1100 г/м^2

Нельзя забывать, что не только свойства противогололедных материалов (в частности, плавящая способность для химических реагентов) определяют эффективность их применения при исключении или предупреждении образования гололедных явлений. Существенное значение имеет и способ их распределения на поверхности покрытия дороги. Применение механизированного способа распределения реагентов позволяет осуществлять своевременное и равномерное распределение твердого, жидкого или твердого комбинированного химического реагента, при обеспечении рекомендованной и требуемой плотности распределения для каждого вида реагента при конкретных температурах окружающей среды (табл. 1, 2, 3) [8].

Таблица 1

Регламентируемая плотность обработки жидкими ПГР*

Вид реагента	Ед. изм.	Расход реагента при температурах воздуха, °С				
		от -0 до -2	от -2 до -4	от -4 до -6	от -6 до -8	от -8 до -10
Жидкий	мл/м ²	25–35	35–45	45–55	60–70	70–80
Жидкий	г/м ²	30–44	44–56	56–68	75–87	87–100

*Примечание: использование жидких ПГР при температуре воздуха ниже от -10°C до -16°C возможно только при специальном распоряжении оперативного городского штаба по нормам от 80 до 120 мл/м. Об утверждении технологии зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства г. Москвы) с применением противогололедных реагентов и гранитного щебня фракции 2–5 мм (на зимние периоды с 2010–2011 гг. и далее) (от 100 до 150 г/м).

Таблица 2

Регламентируемая плотность обработки твердыми ПГР**

Вид реагента	Ед. изм.	Расход реагента при температурах воздуха, °С				
		от 0 до -4	от -4 до -8	от -8 до -12	от -12 до -16	от -16 до -20
Твердый	г/м ²	20–30	30–50	50–60	60–70	70–80

**Примечание: использование твердых ПГР при температуре воздуха от –16°С до –20°С целесообразно совместно с гранитным щебнем фракции 2–5 мм при специальном распоряжении оперативного городского штаба.

Таблица 3

Регламентируемая плотность обработки комбинированными ПГР***

Вид реагента	Ед. изм.	Расход реагента при температурах воздуха, °С	
		от -0 до -6	Ниже -6
Твердые комбинированные ПГР	г/м ²	80–100	100–120

***Примечание: при необходимости плотность распределения определяется в соответствии с распоряжением оперативного городского штаба (при этом, плотность распределения не должна превышать 200 г/м²).

Для внекатегорийных объектов дорожного хозяйства и тротуаров, посадочных площадок остановок городского пассажирского наземного транспорта, прочих пешеходных зон, предусмотрена обработка комбинированными ПГМ, исключая образование снежного наката или наледей, скольжение пешеходов [8]. Во многих случаях применения этих материалов на таких объектах используется ручной способ их распределения. И здесь необходимо особо отметить, что при ручном способе распределения, повсеместно нарушается технология, как по параметрам плотности, так и равномерности распределения. В результате происходит отрицательное воздействие на окружающую среду, наличие лишнего реагента, не провзаимодействовавшего с ледяными образованиями, перерасход применяемых материалов и другие негативные последствия. Различный гранулометрический состав и неравномерное распределение реагента оказывают неравномерное воздействие на участки с ледяными образованиями (рис. 4, 5), что приводит к снижению

эффективности их применения, и повышению негативного воздействия на окружающую среду.



Рис. 4. Неравномерное распределение химического реагента



Рис. 5. Некачественное воздействие реагента на снежно-ледяное образование

Как в случае с внекатегорийными объектами и объектами дорожного хозяйства 1–6 категории, так и с иными автомобильными дорогами разного назначения, плотность распределения противоголедных материалов имеет существенное значение. Так на основе исследования ПГМ – мраморная крошка, прочностью М400 и размером фракции 2–5 мм были получены данные (рис. 6, 7, 8), демонстрирующие зависимость тягово-сцепных свойств автомобиля с поверхностью автомобильной дороги (без обработки и с обработкой ПГМ). Испытание проводилось на отрезке дороги длиной 50 м, со снежным накатом на его поверхности и при температуре воздуха -3°C . Транспортное средство, которые было использовано в исследовании – TOYOTA Corolla, массой 1300 кг, мощностью 91/124 кВт/л.с.

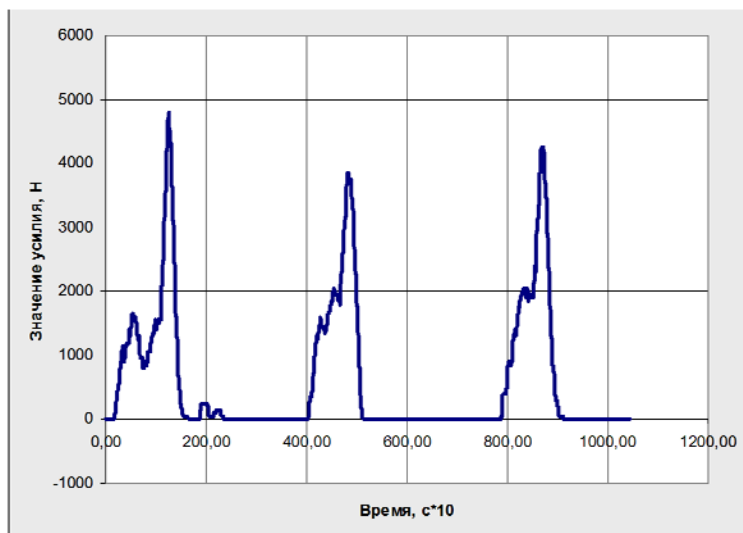


Рис. 6. Значения усилия сопротивления тяги на участке дороги без ПГМ

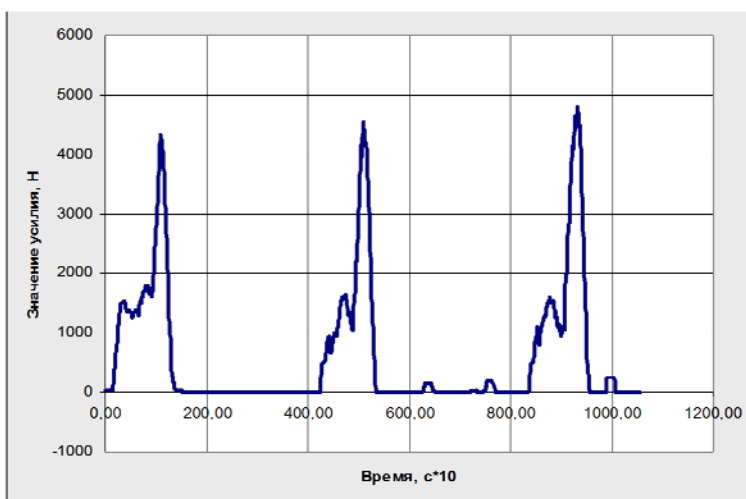


Рис. 7. Значения усилия сопротивления тяги после распределения ПГМ с $p_{расп} = 50 \text{ гр/м}^2$

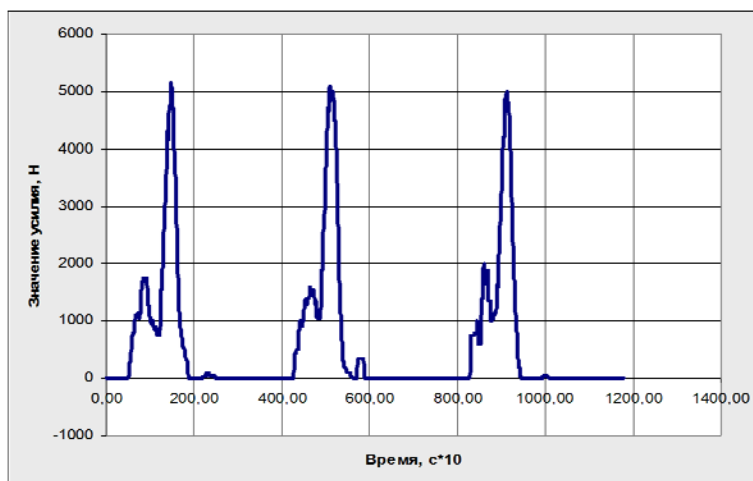


Рис. 8. Значения усилия сопротивления тяги после распределения ПГМ с $p_{расп} = 150 \text{ гр/м}^2$

На основе представленных данных, можно сделать следующие выводы.

✓ На участке дороги без ПГМ усилие транспортного средства имеет максимальное значение при первом пике и не достигает при этом 5 000 Н, при следующем же пике усилие становится ниже 4 000 Н, а при последнем поднимается чуть выше 4 000 Н, такие скачки говорят о низком сцеплении шины с дорожным покрытием.

✓ Второй эксперимент с распределением ПГМ на участке дороги с плотностью 50 гр/м² имеет более высокие показатели, чем в первом случае все три пика имеют стабильно увеличивающееся значение усилия в пределах от 4000 Н до 5000 Н, но 5000 Н так и не достигается при данном испытании.

✓ При распределении же ПГМ с плотностью 150 гр/м², усилие автомобиля стабильно держится во всех трех пиках на уровне не ниже 5000 Н, что говорит о самом лучшем показателе из всех трех экспериментов, так как в данном случае достигается самое сильное сцепление колеса с дорогой, за счет наибольшего и стабильного значения усилия.

Влияние противогололедных реагентов на дорожное покрытие

Ранее полагали, что химические противогололедные реагенты не оказывают сильного влияния на эксплуатационные характеристики, свойства и структуру асфальтобетона и вяжущих материалов в составе асфальтобетонной смеси. Но анализ наблюдений и испытаний говорит об обратном: при интенсивной обработке асфальтобетона химическими реагентами у покрытий снижаются сроки эксплуатации.

Как известно асфальтобетон в дорожном покрытии подвержен разрушению в результате многократного замораживания и оттаивания (термоциклирования). В результате проведения экспериментальных

исследований по влиянию противогололедных химических реагентов на изменение прочностных показателей асфальтобетона при попеременном замораживании – оттаивании в растворах антигололедных реагентов получены данные, которые свидетельствует о том, что прочность асфальтобетона после 100 циклов замораживания – оттаивания в 5%-ом растворе хлорида натрия ниже на 2% по сравнению с не подвергавшимся воздействию реагентов образцами, а в 5%-ом растворе антигололедного реагента КОМД – на 3%. При этом снижение прочности происходит более интенсивно в течение первых 50 циклов замораживания – оттаивания, а впоследствии медленнее [9]. Данное исследование указывает на отрицательное воздействие химических реагентов, которое приводит к уменьшению прочностных и эксплуатационных характеристик асфальтобетона.

В материалах «Методические рекомендации по оценке влияния на асфальтобетонные образцы противогололедных реагентов», представлена методика определения степени сопротивляемости асфальтобетона воздействию противогололедных реагентов [10]. Метод заключается в определении остаточной поверхностной прочности на растяжение серии образцов асфальтобетона, после его выдерживания в противогололедных реагентах. Исследуемый критерий – сопротивление растяжению при разрыве, по сравнению с первоначальным, не подвергавшимся воздействию реагента значениям. Таким образом, изучение воздействия химических реагентов на асфальтобетон дорожного покрытия также необходимо, как и исследование влияния его на окружающую среду и иные объекты. Результаты таких исследований сформируют комплексное знание о последствиях применения химических реагентов при противогололедной обработке покрытий автомобильных дорог, а именно, об их воздействии – как негативном, так и положительном на все объекты и субъекты, контактирующие с ними.

Заключение

1. Применение противогололедных фрикционных и химических материалов обязательно и необходимо в период зимнего содержания дорог и обеспечивает требования бесперебойной и безопасной их эксплуатации.

2. При распределении ПГМ немеханизированным способом, не обеспечиваются требования технологии их применения, рекомендованные плотность и равномерность их распределения на покрытии и, как следствие, не обеспечивается требуемый результат – качественное исключение зимней скользкости и гололедных явлений. В результате применения немеханизированного способа распределения ПГМ, требуемого положительного эффекта при содержании дорог в зимний период в полной мере нет, а затраты на использование реагента уже есть.

3. Плотность распределения ПГМ влияет на тягово-сцепные свойства, что оказывает прямое влияние на безопасность передвижения автомобилей по дорожному покрытию. При исследовании взаимодействия автотранспортных средств с дорогой, полученные результаты по тягово-сцепным свойствам были лучше на участках, обработанных ПГМ, и при увеличении плотности распределения, показатели также только улучшались.

4. Превышение рекомендованной плотности распределения химических противогололедных реагентов на покрытии оказывает отрицательное воздействие на природу, автомобили, обувь, жизнь и здоровье человека и животных. Химические реагенты воздействуют неблагоприятно и на само дорожное полотно. Вопрос воздействия химических реагентов на материал дорожного покрытия исследован мало и требует более глубокого изучения.

Список литературы

1. Автомобильные дороги и мосты противогололедные материалы для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и городских улицах. Обзорная информация // Федеральное государственное унитарное предприятие «Информационный центр по автомобильным дорогам». Москва, 2006. Вып. № 4.
2. Два авто столкнулись в Волгограде из-за гололеда // URL: http://134.su/news/novosti-regiona/dva-avto-stolknulis-v-volgograde-iz-za-gololeda?quicktabs_7=1
3. Влияние гололёда // URL: http://studopedia.ru/11_13950_vliyanie-gololeda.html
4. Евтюков С.А. Влияние факторов на сцепные качества покрытий автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования. 2012. Вып. № 3.
5. Противогололедные реагенты. Историческая справка // URL: http://www.gololed.ru/reagents/istoriya_protivogololyodnih_reagentov
6. Противогололедные реагенты // URL: <http://www.krovdivor.ru/protivogololednue-reagentu>
7. Постановление «О порядке допуска к применению противогололедных реагентов для зимней уборки объектов дорожного хозяйства и дворовых территорий в городе Москве» от 10 апреля 2007 г. № 242-ПП.
8. Распоряжение «Об утверждении технологии зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства г. Москвы) с применением противогололедных реагентов и гранитного щебня фракции 2–5 мм (на зимние периоды с 2010–2011 годов и далее)» от 28 сентября 2011 г. № 05-14-650/1.
9. Строганов Е.В, Меренцова Г.С. Влияние антигололедных реагентов на коррозионную устойчивость асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог // Ползуновский вестник. 2011. № 1.

10. Распоряжение Федерального дорожного агентства «Об издании и применении ОДМ 2183.056-2015 «Методические рекомендации по оценке влияния на асфальтобетонные образцы противогололёдных реагентов» от 4 декабря 2015 г. № 2331-р.

References

1. *Avtomobilnie dorogi i mosti protivogololednie materialy dlya borbi s zimnei skolkostyu na avtomobilnih dorogah i gorodskih ulicah. Obzornaya informaciya* (Federal State Unitary Enterprise "Information Center on the roads" "Roads and bridges icing materials to fight winter slipperiness on highways and city streets. Overview"), Federalnoe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie "Informacionnii centr po avtomobilnim dorogam", Moscow, 2006, no. 4.
2. URL: http://134.su/news/novosti-regiona/dva-avto-stolknulis-v-volgograde-iz-za-gololeda?quickspeed_7=1
3. URL: http://studopedia.ru/11_13950_vliyanie-gololeda.html
4. Evtjukov S.A. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2012, no. 3.
5. URL:
http://www.gololed.ru/reagents/istoriya_protivogololyodnih_reagentov
6. URL: <http://www.krovdivor.ru/protivogololednue-reagentu>
7. *Postanovlenie "O poryadke dopuska k primeneniyu protivogololednih reagentov dlya zimnei uborki obektov dorojnogo hozyaistva i dvorovih territorii v gorode Moskve" ot 10 aprelya 2007 g. № 242_PP* (Moscow Government Resolution "On the order of admission to the use of anti-icing agents for winter road cleaning facilities management and yards in the city of Moscow" dated April 10, 2007 № 242-PP), Moscow, 2007.
8. *Rasporyazhenie "Ob utverzhenii tehnologii zimnei uborki proezjei chasti magistrali, ulic, proezdov i ploschadei (obektov dorojnogo hozyaistva g. Moskvi) s primeneniem protivogololednih reagentov i granitnogo schebnya frakcii 2–5 mm (na zimnie periodi s 2010–2011 godov i dalee)" ot 28 sentyabrya*

2011 г. № 05_14_650/1 (Moscow Government Decree "On approval of the winter harvest technology carriageway highways, streets, roads and squares (road facilities of Moscow) with the use of anti reagents and 2–5 mm fraction of crushed granite (for the winter periods of 2010–2011 and beyond)" dated September 28, 2011 № 05-14-650 / 1), Moscow, 2011.

9. Stroganov E.V., Merencova G.S. *Polzunovskii vestnik*, 2011, no. 1.

10. *Rasporyajenie Federalnogo dorojnogo agentstva "Ob izdanii i primenenii ODM 2183.056-2015 «Metodicheskie rekomendacii po ocenke vliyaniya na asfaltobetonnie obrazci protivogolodnih reagentov»" ot 4 dekabrya 2015 g. № 2331-r* (Ordinance of the Federal Road Agency "On the publication and application of EBM 2183.056-2015 «Guidelines for assessing the impact on asphalt samples of anti-icing reagents»" from December 4, 2015 № 2331-p), 2015.