# Применение противогололёдных материалов

Обработка противогололедными материалами (ПГМ) автомобильных дорог и искусственных сооружений на них относится к наиболее важным мероприятиям зимнего содержания дорог с твердым покрытием.

Зимняя скользкость на дорогах зависит как от метеорологических условий, так и от теплофизических свойств дорожных покрытий. Применение ПГМ предупреждает или устраняет скользкость, приводящую к снижению коэффициента сцепления.

Применяемая рядом дорожных служб смесь соли с песком уже морально устарела и абсолютно не соответствует резкому росту интенсивности движения, требованиям безопасности передвижения автомобилей и пешеходов, а также современным санитарногигиеническим нормам, закрепленным на законодательном уровне.

Необходимость строгого соблюдения природоохранного законодательства, современные требования государственных и местных органов власти по снижению загрязнений рек и водоемов, повышенные требования по защите сооружений и машин от коррозии привели к поиску более эффективных, чем песко-соляные смеси средств борьбы со снегом и льдом на автомобильных дорогах.



Все методы борьбы с зимней скользкостью направлены на удаление с дорожного покрытия ледяного или снежного слоя с применением химических, механических, тепловых и других методов; предотвращение образования снежно-ледяного слоя или ослабления его сцепления с покрытием – профилактические методы; снижение отрицательного воздействия образовавшейся зимней скользкости.

Дорожные службы применяют также и комбинированные методы: химико-физические (смеси солей с абразивными материалами); химико-механические (распределение ПГМ по поверхности с последующей уборкой рыхлой массы снегоочистителями и т.п.).

Когда требуется экстренно увеличить коэффициент сцепления при температурах настолько низких, что воздействие химических средств замедлено, и когда уборка снега или образовавшегося льда требует значительных усилий в борьбе с зимней скользкостью, дорожные службы применяют абразивные материалы (отдельно или в смеси с химическими реагентами). Хотя в любом случае и они не способны в полной мере обеспечить защиту от обледенения. Единственная функция абразивов – обеспечение коэффициента сцепления, но и она имеет лишь кратковременный характер, т.к. транспортные средства моментально смещают распределенные абразивные материалы на придорожную полосу. Применение абразивов для защиты от обледенения не дает ощутимых преимуществ.

В связи с высокой стоимостью применения абразивов и последующей очистки от них автомобильных дорог и дренажных систем, а также из-за потенциальной опасности пылевидных частиц, их применение не эффективно для защиты от обледенения. Так, гранитная крошка имеет повышенную эффективную активность природных радионуклидов. Разрушаясь при взаимодействии с колесами транспортных средств и дорожным покрытием, она образует мелкие механические фракции, в том числе пыль. Кроме того, попадая в ливневую канализацию, она значительно уменьшает ее пропускную способность. Щебень в процессе истирания колесами транспортных средств разрушается и образует мелкодисперсные взвешенные вещества, размер частиц которых меньше 10 мкм (PM-10). Эти частицы крайне опасны для людей, поскольку не выводятся из организма. Во многих российских городах весной возникает повышенная запыленность из-за применения абразивов. Многие европейские столицы до перехода на противогололедные реагенты также страдали повышенным содержанием PM-10 в конце зимы и в весной. Общепринятый норматив по РМ-10 в Европейском Союзе – 40 мг/м3 в год. В столице Австрии – Вене потребление мелкого гранитного щебня постепенно снизилось с 20 тысяч до 3 тысяч тонн.

Химически чистые реагенты, используемые для борьбы с зимней скользкостью, кроме их эффективной способности быстро вступить в реакцию со снегом и льдом, обладают и другими полезными свойствами.

Согласно комплексной почвенно-экологической оценке хлориды кальция и иные противогололедные материалы на их основе оказывают наименьшее негативное воздействие на почву и зеленые насаждения. Согласно ОДМ «Рекомендации по обеспечению экологической безопасности в придорожной полосе при зимнем содержании автомобильных дорог» (введены в действие распоряжением Минтранса России от 17.11.2003 № ИС-1007-р), при наличии в дорожном хозяйстве ассортимента противогололедных материалов предпочтение следует отдаватьхлористому кальцию, причем химические вещества, в которые он введен, разрешается применять и на металлических, и железобетонных мостах.

Химический и конструктивно-компоновочный состав, а также технология подготовки противогололедных материалов нового поколения определяют их основные эксплуатационные свойства:

* адаптированность к российским климатическим условиям (значительному количеству переходов через температурный «ноль», значительной вариативности параметров системы «дорога – снежно-ледяные отложения – окружающая среда»);
* понижение точки замерзания до температуры, характерной для данного региона в зимние месяцы;
* глубина проникновения – способность проникать сквозь слой льда и нарушать его сцепление с дорожным покрытием;
* плавящая способность, определяющая нормы применения на дорожных покрытиях – способность плавить лед за определенный промежуток времени при определенной температуре;
* длительность эффективного применения;
* вязкость, от величины которой зависит сцепление колес транспортных средств с дорогой, определяющей безопасность применения материала;
* отсутствие посторонних примесей, вызывающих принципиальную неопределенность результатов испытаний на этапах сертификации и приемки-сдачи;
* особенности высыхания растворов реагента на автомобильной дороге, отсутствие следов на дорожном покрытии после уборки;
* отсутствие негативных свойств самопроизвольного образования лужиц на сухом дорожном покрытии из-за притяжения воды;
* соответствие экологическим нормативам, определяющее экологические последствия применения реагентов;
* коррозионная активность к материалам и элементам конструкции транспортных средств и дорожных сооружений, соответствующая установленным нормативам;
* приведенные экономические затраты, определяющие целесообразность применения реагента;
* антислеживаемость, как технологический фактор хранения, транспортировки и распределения;
* возможность равномерного распределения по дорожному покрытию с минимальной погрешностью;
* возможность использования существующей инфраструктуры зимнего содержания (закрытых складов, оборудования и дорожных машин);
* возможность научного и инженерно-технического сопровождения производства и применения.



Особенности механизма воздействия твердых химически чистых противогололедных реагентов на основе хлоридов заключаются в следующем. При попадании твердого реагента на поверхность образовавшегося на дорожном покрытии льда начинается его растворение и плавление в полученном растворе. Скорость таяния зависит от скорости растворения солей и эвтектической температуры растворов (температуры начала кристаллизации). Скорость таяния в образовавшемся соляном растворе зависит от диффузии ионов из концентрированного соляного раствора в менее концентрированный. Например, чтобы активизировать процесс растворения хлористого натрия (NaCl), необходима энергия. Процесс растворения NaCl идет с поглощением тепла, протекает медленно и начинается после того, как на поверхности кристалла образуется жидкая пленка. Скорость растворения соли можно увеличить несколькими способами, например, предварительно увлажнить NaCl раствором хлористого кальция (CaCl2).

В процессе плавления льда разбавленные растворы имеют температуру замерзания выше, чем концентрированные и могут замерзнуть, вызывая дополнительную скользкость. Поэтому на практике реагенты рационально использовать при следующих рабочих температурах воздуха.

Для повышения эффективности таяния льда и снега, снижения расхода солей, улучшения физико-механических свойств реагентов создаются компактированные смеси из чистых солей. Научными исследованиями установлено, что смесь из трех частей хлористого натрия и одной части хлористого кальция осуществляет таяние льда быстрее, чем отдельно хлористый натрий, и растапливает льда больше, чем каждая из этих солей отдельно. Кроме того, такая смесь проникает в слой льда за 2 часа значительно глубже, чем каждый из этих двух реагентов самостоятельно. Этим самым в широком диапазоне отрицательных температур достигается синергетический эффект, позволяющий повысить эффективность применения противогололедного материала при борьбе с зимней скользкостью и существенно снизить экологическое воздействие на окружающую среду. Уменьшение доли хлористого кальция в реагенте снимает возражения о значительном увеличении вязкости раствора и возможном снижении коэффициента сцепления.

Установлено, что растворение CaCl2 происходит значительно быстрее, чем растворение NaCl. Причина в том, что CaCl2 быстро растворим в поглощаемой из воздуха влаге (при температуре воздуха до -9° С абсорбирует влагу уже при относительной влажности воздуха 42%, в то время как NaCl начинает абсорбировать влагу при относительной влажности 76%).

Хлористый кальций в твердом состоянии абсорбирует влагу до тех пор, пока не растворится, а в состоянии раствора продолжает абсорбировать влагу до тех пор, пока не достигнет равновесия между упругостью паров раствора и упругостью паров воздуха. Во время растворения CaCl2 выделяется большое количество тепла, при этом идет процесс гидратации.

Скорость таяния льда зависит от толщины слоя, его однородности и погодных условий. Толщина льда на покрытии бывает от едва видимой пленки, образованной при понижении температуры, до толстого слоя, образованного при замерзании талой воды и снега. Хотя формулы воды и льда одинаковы, их структуры различаются наличием водородных связей. Структура жидкой воды представляет нарушенный тепловым движением тетраэдрический каркас, пустоты которого частично заполнены молекулами воды. В составе льдоподобного каркаса каждая молекула воды образует одну зеркально симметричную (прочную) и три центральносимметричные (менее прочные) связи. Первая относится к связи между молекулами воды соседних слоев и остальные к связям между молекулами одного слоя.

Молекула воды состоит из атомов водорода и кислорода, соединенных между собой химической ковалентной связью. В свою очередь молекулы воды взаимодействуют друг с другом и связаны водородной связью. Чем больше водородных связей, тем выше плотность воды.



Наибольшей плотностью 1 г/см3 вода обладает при температуре 4° С и нормальном давлении. Лед благодаря пустотам в кристаллической решетке имеет плотность меньше плотности воды. Удельная плотность льда – 0,92 г/см3. Фазовое состояние воды зависит от количества в ее структуре водородных связей. При температуре 0°С разорванных водородных связей в жидкой воде 15%, если разорванных связей нет, то вода находится в твердом состоянии – лед.

При растворении хлоридов в воде происходит сольватация ионов, или электролитическая диссоциация солей по уравнениям:

NaCl + вода → Na+ + Cl

CaCl2 + вода → Ca++ + 2Cl

Эти процессы сопровождаются тепловыми явлениями и протекают до наступления динамического равновесия при данной температуре. Ионы кальция или натрия взаимодействуют с молекулами воды и занимают водородные связи, так как ионы и кальция, и натрия более электроотрицательны, чем ионы водорода при этом нарушается структура воды (льда).

Это основание для вывода – хлористый кальций при низких температурах более, чем в два раза эффективнее хлористого натрия.

Молекулярная масса NaCl 58,5, молекулярная масса CaCl2 111, простой расчет показывает, что две молекулы NaCl равнозначны по расходу реагента одной молекуле CaCl2.

При попадании реагента на поверхность льда его частицы сначала должны раствориться с образованием раствора, который имеет температуру замерзания ниже температуры замерзания воды. Именно раствор соли, пока его концентрация такова, что температура замерзания ниже температуры плавления льда, растапливает лед. Поэтому скорость таяния льда и снега зависит от скорости растворения солей и эвтектической температуры растворов.

При плавлении льда растворы хлоридов разбавляются, их концентрация падает. Разбавленные растворы имеют температуру замерзания выше, чем концентрированные и могут замерзнуть, вызывая дополнительную скользкость, что особенно характерно при применении хлористого натрия и песчано-солевых смесей на его основе.

Использование CaCl2 для борьбы с зимней скользкостью проводится при температуре до -34° С. Создание оптимальных смесей хлоридов натрия и кальция позволяет применять реагент при более низких температурах, чем хлористый натрий. Понятно, что NaCl в смеси с CaCl2 будет растворяться быстрее, повысится его плавящая способность.

Когда CaCl2 и NaCl применяются в качестве реагента для борьбы с зимней скользкостью совместно, они дополняют друг друга.

В компактированной смеси CaCl2 абсорбирует влагу из внешней среды, в результате реакции выделяется тепло, совместное воздействие влаги и тепла увеличивает скорость растворения NaCl.

Как видно из приведенных характеристик хлоридов натрия и кальция, компактированная смесь этих солей представляет реагент, максимально отвечающий требованиям, предъявляемым к противогололедному материалу, понижающему температуру замерзания и работающему при температуре до -20° С. За счет экзотермического процесса растворения CaCl2 возрастает скорость растворения NaCl и таяния льда. Гранулы глубже проникают сквозь лед к поверхности дорожного покрытия, и раствор разрушает сцепление льда и покрытия, что облегчает механизированную уборку льда и снега.

**Выводы**

Современные методы борьбы с зимней скользкостью в США, Западной Европе, Москве характеризуется переходом к твердым противогололедным материалам на основе химически чистых реагентов и особенно безводного хлористого кальция.

Отказ от применения технической соли и песчано-солевых смесей на ее основе как основного ПГМ и применение чистых реагентов хлоридной группы (включая многокомпонентные соединения) рассматривается в качестве эффективного мероприятия в борьбе с зимней скользкостью и методом улучшения почвенного покрова, растительности и водоемов.

Присутствие кальция в качестве одного из основных компонентов в ПГМ препятствует ухудшению физико-химических и агрохимических свойств городских почв, так как он относится к весьма подвижным элементам гидрологического режима городских почв придорожной полосы автомобильных дорог.

Представленные физико-химические механизмы взаимодействия реагентов на основе хлористого кальция со льдом обосновывают необходимость перехода на эти современные материалы и технологии зимнего содержания.

Эффективность применения химически чистых противогололедных материалов в значительной степени зависит от технологии их применения.