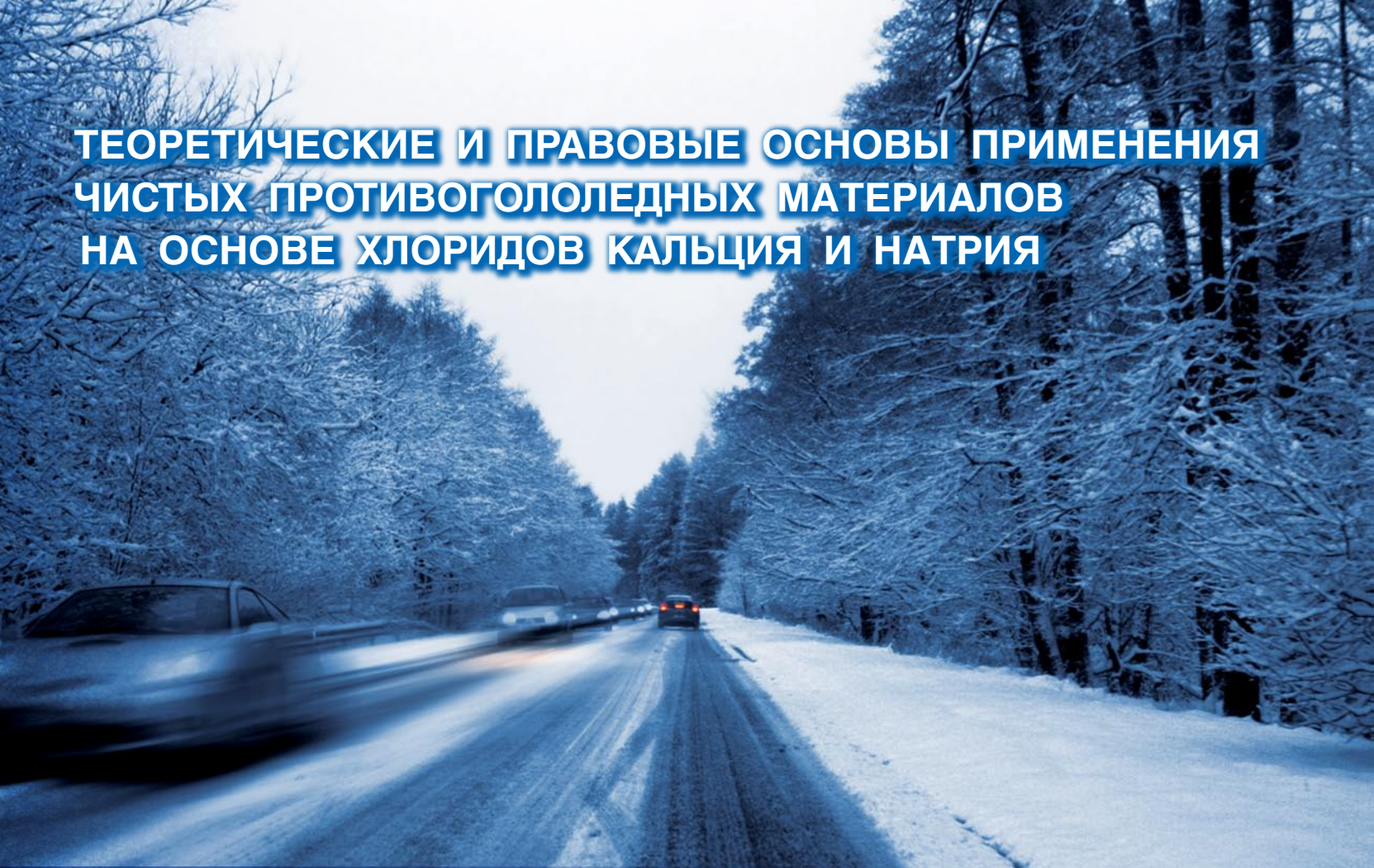


# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЧИСТЫХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ХЛОРИДОВ КАЛЬЦИЯ И НАТРИЯ



Федеральный закон РФ от 8 ноября 2007 г. № 257 «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в статье 3 (п. 10 и 11) разделяет понятия конструктивных и иных характеристик **НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**. При этом в статье 62 указывается, что до вступления в силу в установленном порядке предусмотренных настоящим Федеральным законом технических регламентов ...оценка соответствия транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог...осуществляются в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации, нормативными техническими документами в части, не противоречащей Федеральному закону от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и настоящему Федеральному закону.

В статье 17 ФЗ № 257 указывается, что содержание автомобильных дорог осуществляется в соответствии с требованиями **технических регламентов** в целях поддержания бесперебойного движения транспортных средств по автомобильным дорогам и безопасных условий такого движения, а также обеспечения сохранности автомобильных дорог. В целях определения соответствия транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог требованиям технических регламентов владельцами автомобильных дорог в порядке, установленном Правительством РФ, проводится оценка технического состояния автодорог. Капитальный ремонт (или ремонт) автодорог осуществляется в случае несоответствия транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных

дорог требованиям технических регламентов.

При этом технические регламенты, принимаемые в соответствии с Законом «О техническом регулировании», должны быть разработаны и впоследствии применяться с учетом оценки степени риска и **оценки степени причиняемого ущерба**.

Это требует выбора независимых параметров опасности и создания методов нормирования степеней риска для них (а не интегральных параметров надежности, как это было в прошлом веке). Во многих отраслях экономики Российской Федерации в настоящее время идет широкая дискуссия о выборе параметров опасности и нормирования степени

риска и степени причиняемого ущерба для различных технических объектов. Фактически новые законы должны изменить менталитет и правила принятия решений для российских дорожников в вопросах **безопасности автомобильных дорог** и безопасности дорожного движения.

В настоящей статье предлагается обсуждение одного из самых перспективных нововведений зимнего содержания автомобильных дорог, вполне соответствующего обеспечению снижения степени риска возникновения ДТП при образовании зимней скользкости – применение чистых низкотемпературных противогололедных материалов (ПГМ) для обеспечения экологической безопасности автомобильных дорог.

Обледенение дорожных покрытий резко снижает сцепление шин, устойчивость движения и увеличивает риск возникновения ДТП – ввиду увеличения тормозного пути и заносов транспортного средства. При этом коэффициент сцепления уменьшается до 0,08–0,1.

Все виды снежно-ледяных образований (СЛО) на поверхности автомобильной дороги, приводящие к снижению коэффициента сцепления колес транспор-

тных средств с дорожным покрытием, относятся к зимней скользкости. Особенности ее формирования зависят от метеорологических условий и теплофизических свойств дорожных покрытий. Для СЛО используется следующая терминология:

■ **Изморозь** или **иней** – вид обледенения, при котором конденсация и замерзание влаги из воздуха происходит на сухой поверхности дорожного покрытия при его температуре ниже точки росы и – одновременно – ниже точки замерзания влаги.

■ **«Черный лед»** – вид обледенения, которое образуется в результате охлаждения дорожного покрытия ниже точки росы, влага из воздуха конденсируется на дорожном покрытии и превращается в очень тонкий и прозрачный слой льда, который трудно обнаружить визуально.

■ **Гололедица** – замерзание влаги, имеющейся на дорожном покрытии, при резком понижении температуры воздуха.

■ **Рыхлый снег** – откладывается на дорожном покрытии в виде ровного по толщине слоя. Плотность свежеснегавшего снега может изменяться от 0,06 до 0,2 г/куб. см. В зависимости от содержания влаги снег может быть сухим, влажным и мокрым. При наличии слоя рыхлого снега на дорожном покрытии коэффициент сцепления шин с покрытием снижается до 0,2.

■ **Твердый налет** – выпадение на дорожное покрытие с отрицательной температурой жидких непереохлажденных осадков.

■ **Стекловидный лед** – появляется на покрытии в виде гладкой стекловидной пленки толщиной от 1 до 3 мм и изредка в виде матовой белой шероховатой корки толщиной до 10 мм и более. Отложения стекловидного льда имеют плотность от 0,7 до 0,9 г/см<sup>3</sup>, а коэффициент сцепления на нем составляет от 0,08 до 0,15. Этот вид зимней скользкости является наиболее опасным. Отложения льда в виде матово-белой корки имеют плотность от 0,5 до 0,7 г/см<sup>3</sup>.

К прямым и косвенным потерям от влияния зимней скользкости дорожных покрытий относятся:

- ДТП со всеми вытекающими последствиями;
- снижение оперативности служб милиции, пожарных и скорой помощи;
- снижение эффективности работы общественного транспорта;

- травмы пешеходов при падениях на скользком покрытии;
- повышение психологической нагрузки на горожан;
- пробки и заторы, в которых холостая работа двигателей транспортных средств приводит к дополнительному негативному влиянию на окружающую среду.

Наиболее эффективным практическим способом ликвидации гололеда (черный лед, стекловидный лед) на дорожных покрытиях является химический способ, основанный на обработке дорожного покрытия противогололедными материалами на основе солевых смесей. Обработка проводится с учетом состояния дорожного покрытия, природных условий, наличия уборочной техники. Обработка может производиться до наступления опасных условий (по данным метеопрогноза) после появления СЛО и во время снегопада. В первом случае (при качественном прогнозе) предотвращается образование СЛО. Обработка после образования СЛО обеспечивает их перевод в жидкое состояние и возможность своевременной очистки дорожного покрытия.

При применении ПГМ следует учитывать возможность возникновения отрицательных факторов воздействия ПГМ на природную среду в придорожной полосе. Например:

- возникновения эффекта циклически (годовой цикл) действующей буферно-накопительной зоны для придорожной полосы по отношению к окружающим природным объектам;
- засоление почв и водоемов в результате проникновения компонентов ПГМ через дорожные покрытия и грунт;
- возникновения агрессивных аэрозолей и попадание в почву (воду) при стекании с поддона кузова транспортного средства вредных веществ и соединений, образующихся в результате взаимодействия транспортируемых рабочих смесей и рассолов с влагой атмосферы;
- попадание солей в почвы и водоемы в процессе хранения ПГМ на площадках и базах;
- попадание в окружающую среду солей в результате рассыпания и пролива в процессе приготовления рабочих смесей и рассолов на открытых площадках, а также при смыве с площадок в поверхностных стоках;

■ засоление почв и водоемов при удалении использованных ПГМ с дорожного покрытия через придорожную полосу.

■ загрязнение окружающей среды при использовании несертифицированных компонентов, предотвращающих слеживаемость ПГМ.

Для ПГМ критерием экологической безопасности является отсутствие превышения предельно допустимых концентраций по компонентам, входящим в их состав. Степень отрицательного воздействия противогололедных материалов на природную среду уменьшается в следующей последовательности: хлористый натрий, хлористый кальций, хлористый магний, природные озерные и подземные рассолы, мочевины.

При использовании химических ПГМ следует учитывать их выраженное негативное влияние в смеси с фрикционными материалами (песок) на коррозию автотранспортных средств. Такая смесь обладает повышенной коррозионной активностью за счет совместного воздействия на металлические части транспортных средств песка, повреждающего поверхностный слой и проникновения влаги к незащищенной поверхности, что усиливает коррозию. Для ослабления химической активности, вызываемой хлоридами, к ним в качестве ингибиторов следует добавлять однозамещенный или двухзамещенный фосфат натрия, а также применять простой суперфосфат, двойной суперфосфат или гексамета-фосфат натрия. ПГМ, в которые введен ингибитор, разрешается применять на металлических и железобетонных мостах.

При распределении ПГМ рекомендуется учитывать, что количество распределяемых за зимний период материалов на дорогах, проходящих через I дорожно-климатическую зону не должно превышать 2,5 кг на 1 м<sup>2</sup> покрытия, для II дорожно-климатической зоны – 2 кг на 1 м<sup>2</sup> покрытия, для III дорожно-климатической зоны 1,5 кг на 1 м<sup>2</sup> покрытия, для IV и V дорожно-климатических зон 1 кг на 1 м<sup>2</sup> покрытия. При распределении ПГМ не должны попадать на придорожную полосу.

Установлено, что в районах с достаточным увлажнением почвы атмосферными осадками (более 250-300 мм в год) и при соблюдении норм распределения обычно не проявляется отрицательное

воздействие чистых противогололедных материалов на придорожную растительность.

Хлористые соли не оказывают вредного воздействия на асфальтобетонные покрытия. Хлориды не разрешается применять для борьбы с зимней скользкостью на цементобетонных покрытиях в возрасте до трех лет, построенных без воздухововлекающих добавок, а также на цементобетонных покрытиях, построенных с воздухововлекающими добавками в возрасте до одного года.

Основными требованиями к ПГМ являются:

- способность понижать точку замерзания воды до температуры, характерной для данного региона в зимние месяцы;
- устранять снег и лед за определенный промежуток времени (как правило, препараты, устраняющие обледенение, используют в количестве, необходимом для таяния 30 % льда в течение 30 минут при небольшом транспортном потоке);
- проникать сквозь слой льда и нарушать его сцепление с покрытием дороги;
- не создавать смазочного эффекта на сухом и мокром дорожном покрытии;
- коррозионное влияние на металлические конструкции, сооружения, дорожные покрытия не должно быть выше установленных пределов;
- токсичные свойства не должны превышать принятых норм.

Традиционное средство, применяемое в России против обледенения дорожных покрытий, – это поваренная соль. Однако ее длительное использование вызывает отрицательные эффекты в экологическом плане – засоление почв

и водоемов. Кроме того, ухудшаются эксплуатационные свойства транспортных средств, дорожных покрытий, элементов мостовых сооружений и т.п.

Резкое возрастание потребности в ПГМ в России (особенно в крупных мегаполисах) относится к началу 2002 года. Отрицательные характеристики дорожной соли определили развитие направлений исследований по созданию современных ПГМ, максимально отвечающих требованиям устранения СЛО, экологической безопасности и экономической эффективности.

В странах, где зимнему содержанию дорог, уделяется большое внимание (США, Канада, Швеция), кроме хлористого натрия используются хлориды кальция, магния и их эффективные смеси, поставка которых осуществляется обычно компаниями, имеющими в своем составе производство ПГМ.

Основным их компонентом является хлористый кальций  $CaCl_2$ . По данным исследований США, хлористый кальций имеет следующие преимущества перед  $NaCl$  и  $KCl$ : наибольшая скорость проникновения соли в лед при всех температурах от  $-4^\circ$  до  $-18^\circ C$ ; наибольшая скорость таяния льда по различным параметрам. Причем отмечается, что преимущества  $CaCl_2$  особенно проявляются при низких температурах. Хлористый кальций растворяется значительно быстрее, чем хлористый натрий, поскольку он одновременно гигроскопичен и растворим в поглощенной из воздуха влаги.  $CaCl_2$  при температуре воздуха от 0 до  $-9^\circ C$  абсорбирует влагу уже при относительной влажности (42 % и выше), в

то время как  $NaCl$  начинает абсорбировать влагу только при относительной влажности 76 % и выше.

Типовая схема анализа эффективности применения чистых ПГМ приведена на рис.1.

Впервые промышленное производство ПГМ на основе синтеза хлористого кальция в крупномасштабном объеме было создано компанией ООО «Зиракс» на площадке ОАО «Каустик» (г. Волгоград) в 2003 г. Компания освоила производство безводного хлористого кальция и высокоэффективной компактированной смеси хлористого кальция и хлористого натрия под названием АЙСМЕЛТ™ (ХКНМ). При создании продуктов использованы результаты исследований противогололедных свойств неорганических солей, выполненные ООО «ВНИИГалургии» (г. Санкт-Петербург) по комплексному исследованию этого ПГМ и Санкт-Петербургского государственного технологического университета по оптимизации его производства (многолетний цикл работ профессора Б.А.Дмитриевского). Были получены данные по исследованию современных ПГМ от компании GLOBAL SPECIALITY CHEMICALS LLC (США).

Выполненные работы, а также обзор существующего состояния применения ПГМ и научный анализ поступившей информации позволили определить рабочие температуры, концентрации растворов и состав твердых фаз солей, используемых в качестве ПГМ, и получить четкое представление о механизме воздействия ПГМ на СЛО.

При растворении солей, образующих большое количество различных кристаллогидратов (хлориды кальция, магния), сначала происходит перекристаллизация основной соли в кристаллогидрат с использованием воды, получаемой при плавлении льда. Раствор появляется после образовавшегося равновесного для данных условий кристаллогидрата, что задерживает плавление основной массы льда. При применении солей, которые не образуют кристаллогидратов или образуют кристаллогидрат с одной молекулой воды (хлориды натрия, калия) происходит образование жидкой фазы непосредственно после расплавления первых порций льда. С другой стороны, соли, образующие кристаллогидраты,

Рис.1. Типовая схема анализа эффективности применения чистых ПГМ

## Противогололедные материалы

### Лидирующая группа

- Хлористый натрий ( $NaCl$ )
- Хлористый кальций ( $CaCl_2$ )
- Хлористый магний ( $MgCl_2$ )
- Смеси хлоридов  $Na-Ca-Mg$
- Ацетаты



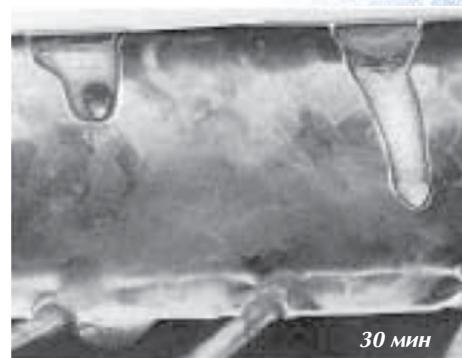
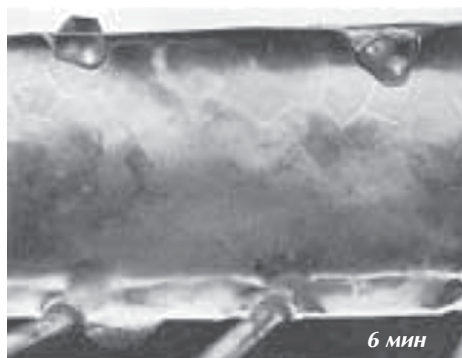


Рис. 2. Проникновение в лед сухого и предварительно увлажненного ПГМ

более гигроскопичны и образование растворов начинается при более низком насыщении атмосферы парами воды.

Визуализация сравнения проникновения в лед сухого противогололедного реагента (слева) и предварительно увлажненного (справа) представлена на рис. 2.

Растворение солей сопровождается тепловыми эффектами – выделением (хлористый кальций) или поглощением (хлористый натрий) тепла. При растворении солей, не образующих кристаллогидраты или образующих кристаллогидрат с одной или двумя молекулами воды, происходит поглощение тепла.

При растворении солей, образующих большое количество различных кристаллогидратов, может происходить, как выделение, так и поглощение тепла в зависимости от количества молей воды, связываемой в кристаллогидрат. При этом тепловой эффект зависит от количества молей воды на моль вещества.

При смешении соли со льдом происходит, с одной стороны, растворение соли и скорость этого процесса определяется скоростью диффузии молекул соли или льда с поверхности растворяемого вещества в объем раствора.

С другой стороны, одновременно происходит плавление льда. Поскольку растворимость льда выше растворимости соли, то лед растворяется с большей скоростью, вызывая понижение температуры.

При плавлении льда с использованием соли, растворяющейся с образованием кристаллогидратов (с положительным тепловым эффектом), происходит разогрев массы. В результате температура солевого раствора после полного

растворения соли оказывается выше температуры окружающей среды и при последующем плавлении льда до состояния насыщения температура раствора оказывается выше температуры окружающей среды. При охлаждении этого раствора до температуры окружающей среды происходит вторичная кристаллизация льда, что вызывает дополнительную скользкость дорожного покрытия.

При обработке дорожного покрытия с уже образовавшимся слоем СЛО любыми жидкими реагентами на некоторое время резко возрастает вероятность аварийной ситуации. Только после того, как лед расплавится, создаются нормальные условия для движения автомобильного транспорта.

Установлено, что хлористый кальций в два раза эффективнее, чем  $NaCl$  при низких температурах. При попадании ПГМ на поверхность льда его частицы сначала должны раствориться с образованием рассола, который имеет температуру замерзания ниже температуры замерзания воды. Скорость таяния льда и снега зависит от скорости растворения солей и эвтектической температуры растворов. В соляном растворе скорость таяния снега или льда зависит от диффузии ионов из концентрированного солевого раствора в менее концентрированный. Коэффициент диффузии зависит от концентрации соли, подвижности ионов, температуры (таблица 1).

Итак, температура замерзания раствора зависит от концентрации. Снижение температуры замерзания идет до достижения раствором точки эвтектики. При понижении температуры кристаллизуется чистый растворитель, выделяются кристаллы льда, повышается концентрация соли в растворе и понижается температура замерзания. При дальнейшем понижении температуры снова выделяются кристаллы

льда и повышается концентрация соли. В момент достижения точки эвтектики совместно с кристаллами льда выделяются кристаллы соли.  $NaCl$  достигает точки эвтектики при концентрации раствора 23,3 % (-21,2°C),  $CaCl_2$  при концентрации 29,5 % (-51°C), хлористый магний с концентрацией 21,0 % (-33,5°C), ацетат калия 50% (-60°C). При дальнейшем росте концентрации солей температура кристаллизации повышается, в твердую фазу выделяются кристаллы соли. В процессе плавления льда растворы хлоридов разбавляются, концентрация падает. Разбавленные растворы имеют температуру замерзания выше, чем концентрированные и могут замерзнуть, вызывая дополнительную скользкость. Поэтому на практике  $NaCl$  рационально использовать при температуре воздуха до -12°C,  $CaCl_2$  до -34°C.

Таблица 1 – Температура замерзания растворов антиобледенителей

Концентрация, %	Температура замерзания, °C			
	$NaCl$	$CaCl_2$	$MgCl_2$	$KCl$
2	-1,2		-1,1	-0,9
4	-2,45		-2,3	-1,9
6	-3,75		-3,7	-2,8
8	-5,11		-5,5	-3,8
10	-6,62	-7	-7,7	-4,8
12	-8,28	-9	-10,1	-5,9
14	-10,0	-11	-13,4	-7,0
16	-11,9	-13	-17,4	-8,2
18	-14,0	-17	-22,6	-9,6
19,7				-10,7
20	-16,3	-20	-29,0	
21		-22	-33,5	
22	-19,0	-24		
23,3	-21,2			
24		-29		
26		-35		
28		-43		
29,6		-51		

При использовании солей, растворяющихся с отрицательным тепловым эффектом, не происходит вторичной кристаллизации льда, что обеспечивает лучшие эксплуатационные свойства дорожного покрытия. Однако применение солей, растворяющихся с отрицательным тепловым эффектом, связано с более низкой скоростью растворения соли и с более медленным удалением льда с дорожного покрытия.

В связи с этим наилучшими ПГМ представляются компактированные солевые композиции с регулируемым тепловым эффектом (небольшим или, в крайнем случае, нулевым). Следует отличать их от простых механических смесей, так как при смешении солей происходит лишь взаимное погашение или суммирование тепловых эффектов.

Теоретически возможно прогнозировать солевые компактированные составы, соответствующие энергетически нулевому эффекту или эффекту близкому к нулю. На практике это выражается в виде изменения температуры в сторону повышения или понижения при растворении смеси солей.

Предлагаемые методические подходы к проектированию компактированных смесей на основе чистых хлоридов основаны на следующих положениях. Хлорид натрия растворяется с отрицательным тепловым эффектом равным 5,127 кДж/моль, безводный хлористый кальций растворяется с положительным тепловым эффектом равным 75,7 кДж/моль. По мере увеличения количества молекул воды в растворяемой соли происходит снижение величины теплового эффекта. Шестиводный хлористый кальций растворяется

с отрицательным тепловым эффектом равным 19,1 кДж/моль. При смешении хлористого натрия с различными кристаллогидратами хлористого кальция, имеющими положительный тепловой эффект можно получить солевой состав, имеющий небольшой или нулевой тепловой эффект. Например, такая смесь может быть получена при смешении хлористого натрия с безводным хлористым кальцием в соотношении 92,5:7,5, одноводного хлористого кальция в соотношении 90:10, дигидрата хлористого кальция в соотношении 87,5:12,5, тетрагидрата хлористого кальция в соотношении 40:60.

Аналогичная зависимость получается и для системы  $NaCl-MgCl_2-H_2O$ . Безводный хлористый магний растворяется с выделением тепла в количестве 149,9, дигидрат хлористого магния – 85,4, тетрагидрат – 41,8, гексогидрат – 12,31 кДж/моль. При смешении хлористого натрия с различными кристаллогидратами хлористого магния теоретически можно получить смеси с небольшим или нулевым тепловым эффектом при следующих соотношениях с тетрагидратом – 87,5:12,5, с гексогидратом – 70:30). Аналогичные варианты могут быть рассчитаны и для других солевых смесей.

Теоретические расчеты были подтверждены проведенными экспериментами. В качестве исходных использовали соли  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ,  $CaCl_2 \cdot 4H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 2H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 4H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  и смеси этих солей.

Наилучшие показатели эффективности таяния льда и снега в широком диапазоне температур, снижение расхода ПГМ, улучшение физико-механических свойств (слеживаемость, гигроскопичность) обеспечиваются созданием компактированных смесей солей. На практике дорожные хозяйства использовали этот принцип, готовя смесь перед непосредственной обработкой СЛО.

Во многих зарубежных патентах отмечается химическая нейтральность составов на основе хлористого кальция, приводящая к меньшей коррозии металлов, повреждению резины и дорожного покрытия. Составы на основе  $CaCl_2$  являются экологически малоопасными, т.к. превращаются в нерастворимый в воде мел.

Можно сделать вывод о преимуществах использования  $CaCl_2$  в качестве основ-

ного компонента ПГМ. Установлено, что наибольший синергетический эффект достигается при использовании компактированной смеси хлористого кальция и хлористого натрия. Когда они применяются в качестве реагента для борьбы со снегом и льдом совместно, то органично дополняют друг друга. Растворяющийся в поглощенной из воздуха влаге хлористый кальций сразу после распределения на дорожное покрытие абсорбирует влагу из внешней среды. В результате реакции выделяется тепло, увеличивается скорость растворения хлористого натрия. Гранулы смеси ПГМ на основе чистых хлоридов кальция и натрия некоторое время действуют, как абразивы, затем начинают растворяться и под собственным весом проникают сквозь лед к дорожному покрытию, разрушая его сцепление со льдом и облегчая механизированную уборку.

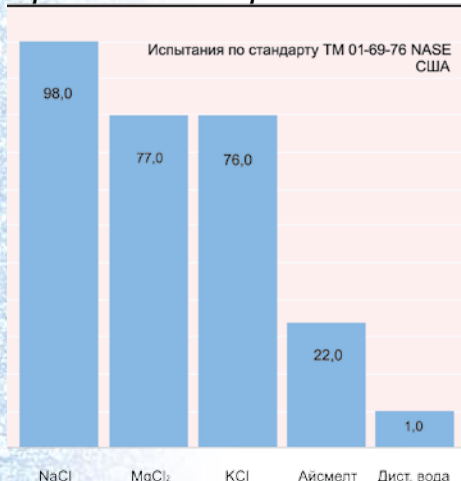
Эти знания составили основу для создания компанией ООО «Зиракс» разработанных на современных ПГМ на основе чистых хлоридов кальция и натрия и проведение научного сопровождения внедрения противогололедных инноваций в различных регионах России и Западной Европы (Австрия, Италия).

Использование разработанных ПГМ существенно снижает капитальные и операционные затраты по зимнему содержанию автомобильных дорог, а также жилых и производственных территорий по сравнению с пескосоляной смесью и другими ПГМ, представляющими простую смесь солей.

Гранулированный ПГМ на основе хлористого кальция с содержанием основного вещества выделяют больше тепла, обеспечивают более высокую плавящую способность, требуют меньшую норму расхода, эффективно работают до  $-25^\circ C$ , имеют более длительный срок хранения, нейтральны к особенностям инфраструктуры дорожного и городского коммунального хозяйства, оказывают меньшее экологическое воздействие на окружающую среду. Одним из важных факторов эффективности выпускаемых ПГМ является точка замерзания. Они могут оставаться в виде раствора при температуре до  $-34^\circ C$ .

Твердый ПГМ «Кальций хлористый» с содержанием основного вещества

Рис. 3. Результаты испытаний сравнительной скорости коррозии неокрашенной стали в 30 % растворах ряда ПГМ и дистиллированной воде



94-98 % предназначен для обработки автомобильных дорог и улиц, пешеходных зон и тротуаров, обладает высокой плавящей способностью и эффективен в диапазоне температур до  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Цель противогололедных реагентов – как можно быстрее «пройти» через лед и снег и «разбить» связь между льдом и поверхностью дорожного покрытия. Был создан ПГМ, совмещающий транспортную функцию (доставка гранулы до границы лед – дорожное покрытие) с технологической функцией (расплавление и разрушение снежно-ледяного отложения), – композитный ПГМ АЙСМЕЛТ™. АЙСМЕЛТ™ обладает высокой плавящей способностью и эффективен в диапазоне температур до  $-20^{\circ}\text{C}$ . Он представляет собой гранулированную компактированную однородную смесь безводного хлористого кальция высшего качества и химически чистого выпарного хлористого натрия с добавлением высокоэффективного ингибитора коррозии. Материал разрушает и предотвращает образование снежных уплотнений, ледяных накатов и гололеда, обладает продолжительным противогололедным действием и требует меньших норм расхода по сравнению с другими реагентами. Свойства нового компактированного ПГМ – в отличие от простого механического смешивания хлоридов натрия и кальция – могут быть представлены в виде модели «теплового сверла», где зерна хлористого кальция отвечают за активное «лезвийное» резание льда (функция образующей), а зерна хлористого натрия – за объемное фазовое преобразование льда в раствор (функция направляющей). Причем сразу после распределения ПГМ обеспечивается требуемый коэффициент сцепления.

Поскольку требуемый расход АЙСМЕЛТ™ на единицу площади меньше, чем у других материалов, то становится меньше и оказываемое воздействие на окружающую среду. Рекомендованная норма их расхода, как правило, не более 50% (по сравнению с нормами расхода ПГМ, выпускаемых другими производителями). Благодаря своей форме гранулы АЙСМЕЛТ™ быстрее проникают в лед, чем другие ПГМ, и обеспечивают эффективное плавление на границе «лед – поверхность дорожного покрытия». АЙСМЕЛТ™ применяется в дорожном хозяйстве крупных городов России,

стран СНГ и Европы уже на протяжении пяти лет. Он доказал высокую эффективность в качестве средства борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и искусственных сооружениях (мосты, путепроводы, эстакады и т.д.), тротуарах, стоянках и дворах. Материал полностью удовлетворяет требованиям, установленным ОДН 218.2.027-2003. Производится в соответствии с СТО 39297743-01-2008. Продукт сертифицирован и запатентован.

ПГМ не слеживается, хорошо дозируется, не пылит, равномерно ложится на обрабатываемую поверхность, не токсичен, пожаро- и взрывобезопасен. При введении добавок коррозионная активность реагентов – не более  $0,8 \text{ мг/см}^2$  в сутки ( $0,4 \text{ мм/год}$ ). Результаты испытаний сравнительной скорости коррозии неокрашенной стали в 30 % растворах ряда ПГМ и дистиллированной воде представлены на рис. 3.

Во время использования АЙСМЕЛТ™ в качестве ПГМ при соблюдении норм расхода загрязнения атмосферного воздуха, почвы и поверхностных вод не происходит. Реагент оказывает меньшее воздействие на окружающую среду в сравнении с другими ПГМ. Для оттаивания одного и того же объема льда его расход в два раза меньше расхода хлористого натрия.

Присутствие кальция в химически чистых ПГМ снижает процентное количество ионов натрия и их негативное воздействие на окружающую среду. Кальций, содержащийся в АЙСМЕЛТ™, – необходимое питательное вещество для растений, он структурирует почву и способствует усвоению растениями необходимых питательных веществ.

Испытания реагента проводились в Центральном и Поволжском регионах при температуре воздуха  $-8^{\circ}\text{C}$  в безветренную погоду. Были выбраны участки автомобильных дорог, покрытые ледяной коркой и утрамбованным снежным слоем. ПГМ распределялся вручную на участки дорог площадью  $1 \text{ м}^2$ , покрытых ледяной коркой толщиной 1 мм и 10 мм. Плотность нанесения средства: 20, 30 и  $40 \text{ г/м}^2$ . По визуальной оценке таяние льда под действием гранул АЙСМЕЛТ™ началось сразу после распределения. Через 1-2 мин. гранулы полностью растопили лед, толщиной 1 мм, образовав в нем круглые отверстия. В дальней-

шем эти отверстия стали расширяться и через 10 мин. участок покрытия, обработанный средством с плотностью насыпки  $40 \text{ г/м}^2$ , практически полностью очистился от обледенения. Через 15 мин. после обработки то же произошло с участком, обработанным с плотностью насыпки  $30 \text{ г/м}^2$  (толщина ледяного слоя 1 мм), а еще через 5 мин. – с плотностью насыпки  $20 \text{ г/м}^2$ . Слякоть на этих участках отсутствовала. Через 4 часа на высохшей поверхности дорожного покрытия белесых пятен не наблюдалось. Проникновение гранул в лед толщиной 10 мм завершилось за 10 минут. На всех трех участках (с разной плотностью насыпки) поверхность льда стала пористой за счет глубоких каналов от гранул. После этого лед стал подтаивать снизу, со стороны дорожного покрытия. Через полтора часа на участке с плотностью насыпки  $40 \text{ г/м}^2$  лед легко растрескивался под воздействием веса человека.

Чистые хлористый натрий и синтезированный хлористый кальций практически не приводят при распределении на дорожное покрытие к увеличению вязкости раствора и изменению коэффициента сцепления между покрытием и колесом транспортного средства. Поэтому применение ПГМ допустимо и по условиям безопасности дорожного движения.

Применение противогололедных материалов – только одна из составляющих общей концепции обслуживания дорог в зимнее время. Не менее важно сформулировать на теоретической основе технического регулирования общие принципы содержания дорог, принципы предзимнего планирования и метеорологии, не забывая при этом об обеспечении безопасности и охране окружающей среды.

**И.Г. Овчинников, д.т.н., профессор, академик транспорта, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой «Мосты и транспортные сооружения» СГТУ;**  
**А.В. Кочетков, д.т.н., профессор, академик транспорта, ФГУП «РОСДОРНИИ»;**  
**С.П. Аржанухина, аспирант СГТУ**