

Технологические особенности применения химических реагентов для борьбы со скользкостью на автомобильных дорогах при аварийном методе распределения

**Киялбаев А. К., ведущий научный сотрудник, к.т.н. (КаздорНИИ)
Еркибаева А. С., инженер (КазАТК им. М. Тынышпаева)**

Использование химических реагентов в борьбе со скользкостью широко применяется в ряде стран. В том числе аварийный метод, как наиболее приемлемый при удалении снежно-ледяных образований с дорожного покрытия в местах острой нехватки техники, в стесненных условиях работы машин, а также местах, требующих качественной очистки покрытия: на подходах к перекрестку, поворотах, спусках, на тротуарах с интенсивностью более 750 пеш/ч, на остановках общественного транспорта.

Кроме того, аварийный метод распределения химических реагентов, значительно снижает трудности ликвидации ледяной корки, уже образовавшейся на поверхности покрытия, а значит, приемлем для зон с резко континентальным климатом. Однако, несвоевременное удаление снежно-ледяных образований во влажных дорожно-климатических зонах зачастую приводит к смерзанию соляного раствора, процесс удаления которого весьма усложняется.

В качестве противогололедных материалов дорожными службами используются хлористые соли, ацетаты, нитраты и др. легкорастворимые химические вещества.

При внесении химических реагентов в снежно-ледяную массу, соль благодаря своей гигроскопичности начинает интенсивно адсорбировать влагу льда, образуя на поверхности тонкий слой насыщенного раствора. Полученный таким образом раствор имеет более низкую температуру замерзания, нежели вода, приводит к разрыхлению снежно-ледяной массы и снижению его прочностных характеристик. Наиболее выразительную характеристику системы соль-вода дает диаграмма плавкости (рисунок 1).

Плавающая способность противогололедных химических реагентов зависит от температуры воздуха и покрытия, а также от влажности снежно-ледяного образования.

Целью данного исследования является определения требуемой нормы расхода химических реагентов при аварийном методе борьбы со скользкостью. Для достижения заданной цели применяется графоаналитический метод диаграмм плавкости.

В практике дорожного хозяйства при борьбе со скользкостью учитывались лишь эвтектические значения температуры и концентрации солей с целью выбора химического реагента (таблица 1). А требуемая норма расхода в основном определялась экспериментальным путем, либо полевыми исследованиями.

Диаграмма плавкости противогололедных химических реагентов

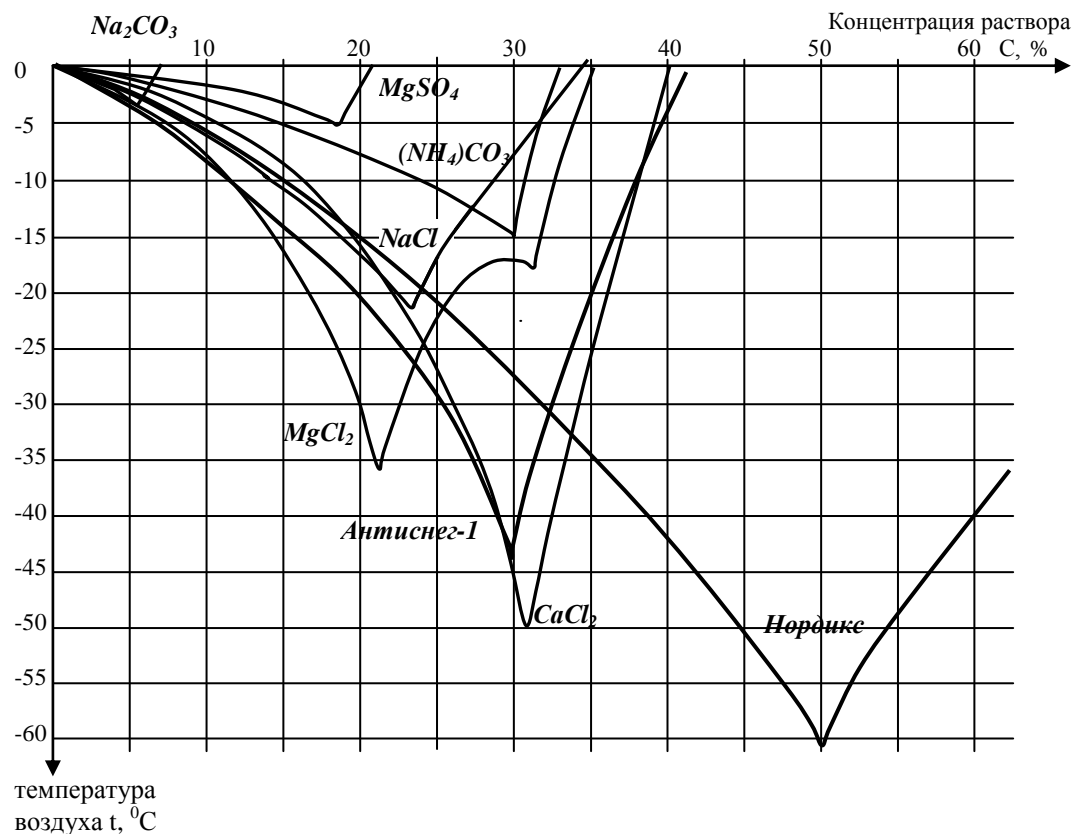


Рисунок 1

Применение графоаналитического метода диаграмм плавкости дало возможность с достаточно высокой точностью теоретически определить данную величину, учитывая физико-химические свойства льда, а также такие климатические факторы, как влажность и температура воздуха. Для этого необходимо задаться требуемой температурой воздуха, провести от нее вертикаль до пересечения с приведенной диаграммой плавкости и определить соответствующую данной точке концентрацию раствора (рисунок 1). Затем, по известной концентрации раствора рассчитать требуемую норму расхода материала для полного, т.е. аварийного расплавления снежно-ледяной массы.

В последнее время в Российской Федерации находят широкое применение такие противогололедные реагенты, как: «Антиснег-1» на основе ацетата аммония и «Нордикс» на основе ацетата калия. При расчете их с применением графоаналитического метода диаграмм плавкости получаем, что требуемая норма данных реагентов для полного расплавления ледяной корки толщиной 2 мм при температуре воздуха от -1 до -3 °C составляет 65 и 77 г соответственно. Особенностью данных химических реагентов является их сравнительно низкая коррозионная активность к металлу и высокая эффективность при низких температурах (до -45 °C), что характерно для северных районов страны. Кроме того, вышеназванные материалы относятся к минеральным удобрениям.

Таблица 1

Значения эвтектической концентрации и температуры химических реагентов

Название соли	Химическая формула	Температура эвтектики t_e , град	Концентрация эвтектики C_e , (%)
Хлористый натрий	NaCl	-21,2	23,3
Хлористый магний	MgCl ₂	-33,6	20,6
Хлористый кальций	CaCl ₂	-49,8	30,5
Сульфат натрия	Na ₂ SO ₄	-1,2	4,0
Сульфат магния	MgSO ₄	-4,8	18,6
Гидрокарбонат натрия	NaHCO ₃	-2,33	6,26
Карбонат натрия	Na ₂ CO ₃	-2,1	5,75
Ацетат аммония («Антиснег-1»)*	CH ₃ COONH ₄	-44,9	29,6
Ацетат калия («Нордикс»)*	CH ₃ COOK	-59,8	50,1

* - данные по работам к.т.н., доц. МАДИ (ГТУ) Н.В. Борисяк /1/.

Расчет требуемой нормы расхода противогололедных материалов графоаналитическим методом диаграмм плавкости

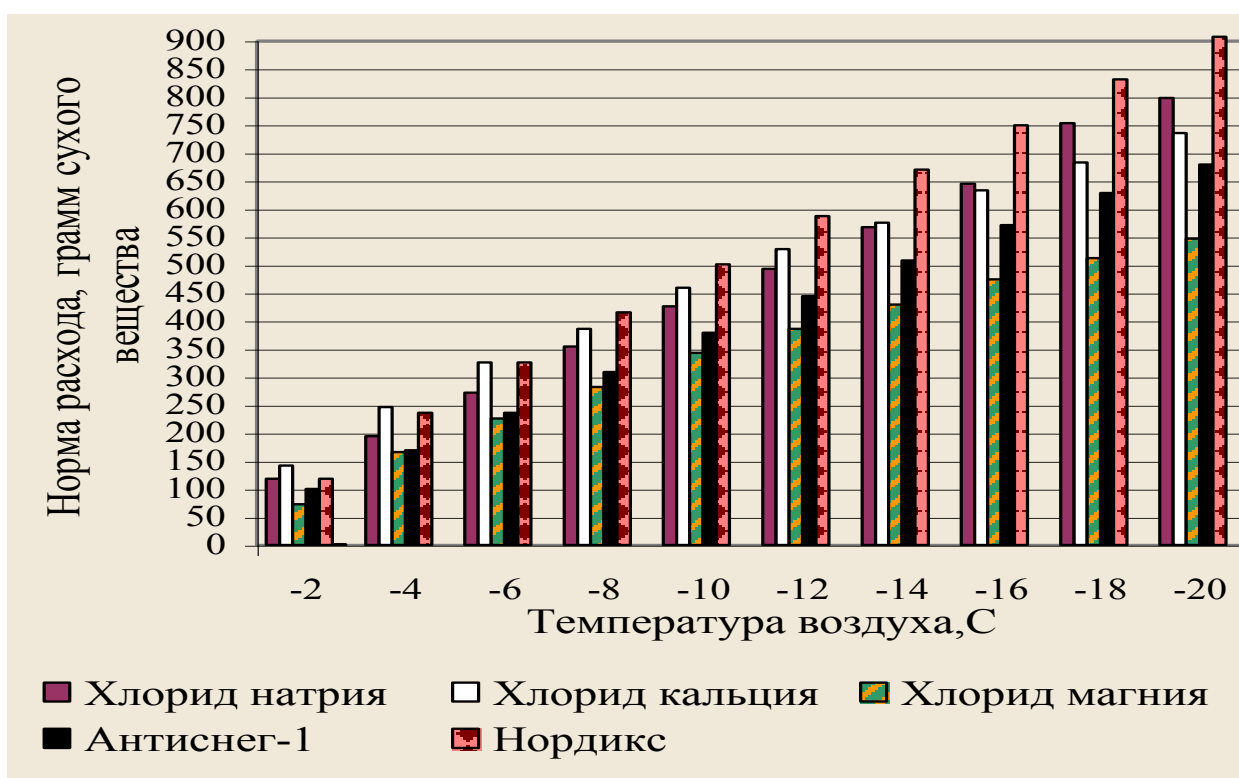


Рисунок 2

Вследствие резкого увеличения нормы расхода при понижении температуры воздуха применение противогололедных химических реагентов также ограничивается температурным интервалом, (таблица 2). Так, применение хлористого натрия наиболее целесообразно при температуре воздуха от 0 до -12°C , хлористого кальция и материала «Нордикс» до -10

$^{\circ}\text{C}$, хлористого магния до -16°C , «Антиснег-1» до -14°C . Перерасход материала отрицательно воздействует на окружающую среду, вызывая ухудшение плодородности почвы, снижения вкусовых качеств питьевых источников, загрязнения водоемов и т.д.

Таблица 2

Технологическая применимость различных видов противогололедных химических реагентов с учетом температурного интервала

Химические реагенты	Технологическая применимость при температуре воздуха, $^{\circ}\text{C}$									
	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20
NaCl	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
MgCl ₂	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
CaCl ₂	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgSO ₄	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
NaHCO ₃	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH ₃ COONH ₄	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
CH ₃ COOK	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-

Примечание: в расчете учтена толщина снежно-ледяного образования 5-7 мм и плотность 0,5-0,8 т/м³.

Приведенные выше результаты расчетов дают возможность сделать следующие выводы:

1. Использование вышеприведенных результатов расчета для аварийного метода наиболее приемлемо при удалении снежно-ледяных образований с дорожного покрытия в стесненных условиях работы машин, а также местах, требующих качественной очистки покрытия: на подходах к перекрестку, поворотах, спусках, на тротуарах с интенсивностью более 750 пеш/ч, на остановках общественного транспорта.
2. Применение графоаналитического метода диаграмм плавкости позволяет с высокой точностью теоретически рассчитать необходимое количество сухого химического реагента для практического использования, учитывая климатические особенности и физико-химические свойства льда.
3. Для выбора химических реагентов необходимо визуально оценить состояние снежно-ледяного образования, т.е. изменение его плотности в зависимости от температуры и влажности воздуха. При этом снежно-ледяные отложения, образованные на поверхности покрытия, оцениваются по следующим видам скользкости:
 - рыхлый снег (сухой - рассыпается в руках, влажный - можно слепить снежный ком, мокрый - при сжимании в руках вытекает вода);

- уплотненный снег (накат - спрессованный снег различной толщины);
 - стекловидный лед (образуется в виде гладкой стекловидной пленки толщиной 1-3 мм, изредка в виде матовой белой шероховатой корки толщиной до 10 мм и более).
4. С понижением температуры воздуха норма расхода химических реагентов возрастает до достижения раствора точки эвтектики. Так, при понижении температуры от -2°C до -6°C расход химических реагентов увеличивается до 2,31 раз при применении хлорида натрия, в 3,08 раза при применении хлорида магния, 2,29 раз - хлорида кальция, 2,37 раз – «Антиснег-1», и в 2,77 раз при применении «Нордикс».
 5. При выборе химических реагентов температура соответствующая точке эвтектики, не может быть использована как основной критерий выбора. Так как с понижением температуры воздуха и соответствующим изменением физико-механических свойств снежно-ледяного образования плотность их распределения (а соответственно, и концентрация) резко увеличивается и может повлечь за собой негативное воздействие на окружающую среду.
 6. Применение результатов расчета по диаграмме плавкости позволяет исключить значительный перерасход материала и вместе с тем не допустить пагубного влияния соли на окружающую среду: ухудшения плодородности почвы, снижения вкусовых качеств питьевых источников, загрязнения водоемов и т.д.
 7. В зависимости от процесса воздействия различных химических реагентов на снежно-ледяное образование, а также характера теплового эффекта при растворении, норма их расхода сильно различается. Наибольшую норму расхода химического реагента для аварийного метода при температуре воздуха до минус 7°C составляет хлорид кальция.
 8. Для расплавления снежно-ледяного образования плотностью $0,5-0,8 \text{ т/м}^3$ толщиной 1 мм при температуре минус $3-5^{\circ}\text{C}$ требуется $35-45 \text{ г/м}^2$ химического реагента (в зависимости от вида применяемого материала). При температуре минус $7-9^{\circ}\text{C}$ требуется $60-80 \text{ г/м}^2$, а при минус $11-13^{\circ}\text{C}$ необходимо $85-105 \text{ г/м}^2$ химического реагента для полного расплавления снежно-ледяного образования.