

# ГОТОВЬ СОЛИ ЛЕТОМ!

ТЕХНОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ, ЭКОНОМИКА...

**Рост транспортного потока и увеличение пропускной способности улично-дорожной сети в городах всегда сопровождается повышением требований к условиям ее содержания, в том числе зимнего. Это обеспечение технологической и экологической безопасности, а также экономической эффективности. Последнее в создавшейся непростой финансовой ситуации приобретает особое значение.**

В погоднo-климатических условиях России важен обусловленный рациональный выбор противогололедных реагентов (ПГР) и фрикционных материалов (ПГМ). Все ПГР (или вещества, предлагаемые к использованию в этом качестве) имеют свои достоинства, ограничения, а также возможные недостатки и вероятные негативные последствия в случае нарушения технологии, завышения и несоблюдения норм распределения, отклонения показателей свойств материалов от регламентируемых параметров.

При принятии решений должны рассматриваться и сравниваться не отдельные реагенты (вещества), а **конкретные выбранные технологии зимнего содержания объектов дорожного хозяйства (ОДХ) или пешеходных зон**, предполагающие, в том числе, использование различных материалов. Целесообразно учитывать: требования к состоянию дорожной сети, наличие нормативно-правовой базы, специфику городской среды или внегородских магистралей, категорию ОДХ и их предназначение,

возможные экологические последствия применения определенных норм или объемов ПГР. Также важны способы удаления с ОДХ снежной массы и ее утилизации, результаты текущего почвенно-экологического мониторинга городской среды, общая солевая нагрузка на территорию города за зимний сезон, период действия выбранной технологии (количество лет ее реализации), санитарно-экологические и финансово-экономические аспекты.

В настоящее время в России широко используют хлорид натрия (техническую поваренную соль), что закреплено в действующих документах (Письмо Росавтодора от 8 сентября 2006 № 01-28/6301 «О временных требованиях к противогололедным материалам»).

**Нужно согласиться** с мнением весьма авторитетного специалиста Ю.Н. Орлова: «Все задачи зимнего содержания дорог в городе можно решить, используя только две соли – хлорид натрия и хлорид кальция в индивидуальном

виде, твердой смеси и в виде жидкого раствора... Фактором, определяющим, основные экологические последствия... является суммарный годовой объем применения реагентов на рассматриваемой территории. Следующим по значимости фактором является химический состав» («Дорожная Держава», 2013. Специальный выпуск: Передовые технологии).

Противогололедные свойства широкого спектра различных солей, иных органических и неорганических соединений, а также их различных композиций достаточно хорошо изучены. Исследования проводились за рубежом и в нашей стране, в частности в Институте общей и неорганической химии (ИОНХ) РАН имени Н.С. Курнакова в 2006–2014 годах под руководством профессора В.П. Данилова. Результаты лабораторного экспериментального определения политерм плавления в растворах различных индивидуальных солей и сочетаний хлоридов натрия и кальция приведены в табл. 1 и 2. Определение свойств солей проводилось методом визуально-политермического анализа (ВПА), полученные данные хорошо коррелируются с имеющейся информацией по этому вопросу.

Наибольшей плавящей способностью ко льду обладают хлорид натрия и хлорид кальция. Они образуют эвтектики

Соль (формула)	Температура эвтектики со льдом, °С	Содержание соли в эвтектике % (по массе)	Плавящая способность по отношению ко льду твердой соли (г/г) при температуре (°С)				
			-2	-5	-10	-15	-20
Хлорид натрия (NaCl)	-21,2	23,3	24,0	13,3	7,0	4,4	3,5
Хлорид кальция (CaCl <sub>2</sub> )	-49,8	30,5	21,7	9,9	6,1	4,6	3,9
Бишофит, гексагидрат хлорида магния (MgCl <sub>2</sub> * 6H <sub>2</sub> O)	-33,6	44,0	12,2	5,1	3,0	2,2	1,7
Хлорид калия (KCl)	-10,6	19,7	15,7	9,1	4,4	0	0
Формиат калия (KНСОО)	-55,0	50,0	15,7	7,5	4,3	2,9	2,2
Формиат натрия (NaНСОО)	-16,0	21,0	19,0	9,0	4,7	3,1	0

Табл. 1. Противогололедные свойства солей (по данным ИОНХ имени Н.С. Курнакова РАН)

Солевая композиция (содержание солей, %)	Температура эвтектики со льдом, °С	Содержание солей в эвтектике, % (по массе)	Плавающая способность по отношению ко льду твердой солевой композиции (г/г) при температуре (°С)	
			-5	-10
NaCl (75%) + CaCl <sub>2</sub> (25 %)	-22,0	23,2	11,5	5,7
NaCl (66,6%) + CaCl <sub>2</sub> (33,3%)	-23,5	23,7	10,9	6,0
NaCl (50%) + CaCl <sub>2</sub> (50%)	-25,0	24,0	11,5	6,1
NaCl (33,3%) + CaCl <sub>2</sub> (66,6%)	-27,5	25,0	10,6	6,4

**Табл. 2. Противогололедные свойства двойных солевых композиций, содержащих хлориды натрия и кальция (по данным ИОНХ имени Н.С. Курнакова РАН)**

со льдом при температурах  $-21,2^{\circ}\text{C}$  и  $-49,8^{\circ}\text{C}$ .

Хлорид калия образует эвтектику со льдом при температуре  $-10,6^{\circ}\text{C}$ . В качестве ПГР он был бы теоретически эффективен лишь при небольших морозах. Эта соль – минеральное удобрение для сельского хозяйства (агрехимикат), регламентировано строго дозированное применение его в зависимости от свойств почв, биологических особенностей возделываемых культур, контролируется содержание и распространение хлорида калия в объектах окружающей среды. Его использование для борьбы с зимней скользкостью нецелесообразно.

Формиаты натрия и калия характеризуются более низкой плавающей способностью по отношению ко льду по сравнению с хлоридами натрия и кальция, наиболее широко используемыми в системе зимнего содержания дорог для борьбы с гололедными явлениями во всем мире. Более высокая эффективность плавления льда и снега может быть обеспечена реагентами, не имеющими в составе дорогостоящих химических продуктов и агрохимикатов, исключительно за счет реализации рациональной технологии зимнего содержания ОДХ.

В период с 2004 по 2011 годы в Москве (здесь и далее речь идет о городе в границах без новых присоединенных территорий, на них и сейчас нет соответствующей инфраструктуры) ежегодно использовалось не более 232 тыс. тонн жидких ПГР в сумме 65 тыс. тонн солей, и 83 тыс. тонн твердых ПГР – соотношение примерно 3:1 (табл. 3). Это соответствовало 90-кратной и 30-кратной обработке всей площади ОДХ реагентами за сезон. Средняя норма распределения со-

ставляет  $42\text{ г/м}^2$  (всего 2,8 тыс. тонн по городу) твердых и  $40\text{ г/м}^2$  жидких (2,7 тыс. тонн соответственно).

Распределялось в среднем за зимний сезон всего 148 тыс. тонн солей, достаточно для плавления 12–15 % выпавшего снега. В общегородском балансе в 2009–2011 годах на хлористый кальций приходилось около 90 тыс. тонн, хлористый натрий – порядка 56 тыс. тонн, а на другие соли – в сумме не выше 2 тыс. тонн.

Для обработки проезжей части ОДХ (предварительной – до начала снегопада, основной – во время проведения снегоуборочных работ), в первую очередь, использовались жидкие реагенты, что позволяло не допускать гололедных явлений, а затем в регламентные сроки полноценно очищать поверхность проезжей части ОДХ механическим способом. Твердые ПГР использовались в качестве компонента при комбинированной основной обработке и для дополнительного распределения при обильных непрекращающихся снегопадах и понижении температуры. **Непосредственно на дорогах плавилось не более 12–15% снежной массы.** Снег аккумулируется в валах, затем вывозится и утилизируется на 56 стационарных и 146 мобильных снегосплавных пунктах и станциях.

В рамках технологии упреждающей обработки ОДХ Москвы при среднем соотношении жидких и твердых реагентов 3:1 в общегородском балансе достигается минимальная (усредненная за восемь лет) солевая нагрузка, обусловленная зимним содержанием магистралей, улиц, дорог, проездов и площадей, **не выше 150 тыс. тонн.** Стоимость всех реагентов и материалов составляла не более 1,3 млрд рублей в год. Эта закономерность проверена и подтверждена многолетним опытом работы.

С 2000 года в городе испытывались и применялись различные ПГР. Номенклатура жидких ПГР представлена:

1. **ХК ж.** – раствор хлористого кальция, массовая доля (концентрация) 28% по массе. Иногда этот реагент называют ХКМ – хлористый кальций модифицированный, подразумевая, что в раствор могут быть добавлены ингибиторы коррозии.

2. **ХКН ж.** – жидкий реагент на основе хлористого кальция и натрия, массовая доля растворимых солей (концентрация) – в пределах 27–29%: хлористого кальция – в пределах 22–23%, хлористого натрия – в пределах 5–6% соответственно.

3. **АГС** – раствор различных хлоридов: магния, натрия, кальция и калия, общая массовая доля (концентрация) – 24%.

4. **ЭСБГ** – раствор различных хлоридов: магния, натрия, кальция и калия, общая массовая доля (концентрация) – 28%.

#### **Номенклатура твердых ПГР:**

1. Твердый реагент на основе хлористого кальция, массовая доля основного вещества (хлористого кальция) – не менее 85% по массе (**ХК тв.**). Ранее допускалось использование реагента с массовой долей хлористого кальция не менее 72%, а в последние годы – исключительно с 90% содержанием.

2. Твердый многокомпонентный реагент на основе композиции хлористого кальция и натрия: массовая доля хлористого кальция – не менее 25%; массовая доля хлористого натрия – не более 75% по массе соответственно (**ХКН тв.**). Пропорции для указанных компонентов менялись и составляли 15–20% и 85–80% соответственно.

3, 4. Композиция солей хлористого калия, натрия, кальция и магния – **СБГ** (средство борьбы с гололедом, сорт 1 и сорт 2). Сорт 1 отличался от сорта 2 повышенным содержанием хлорида кальция – около 35% по массе.

Вид ПГР* (содержание основных солей)	Зимний сезон, годы									
	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
<b>Жидкие ПГР, тыс. тонн</b>										
1. ХК ж. (28%)	240	280	100	25	100	228	0	0	0	0
2. ХКН ж. (22%+6%)	0	0	100	100	120	50	194	240	202	204
3. АГС (в сумме 24%)	0	20	60	0	0	0	0	0	0	0
4. ЭСБГ (в сумме 28%)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого:</b>	<b>240</b>	<b>300</b>	<b>261</b>	<b>125</b>	<b>220</b>	<b>278</b>	<b>194</b>	<b>240</b>	<b>202</b>	<b>204</b>
<b>Твердые ПГР, тыс. тонн</b>										
1. ХК тв.	125	53	54	35,5	25	25	25,7	0	0	0
2. ХКН тв.	15,5	15	20	20,8	8	17	23,3	50	0	88,1
3. СБГ (сорт 1)	0	1,5	24	0	0	0	0	0	0	0
4. СБГ (сорт 2)	1,5	30	20	0	0	0	0	0	0	0
5. НМА (Ацелор)	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
6. МР тв., МРК тв.	0	0	1	0	0	25	12,3	66,7	102,9	197,5
<b>Итого:</b>	<b>142,0</b>	<b>99,8</b>	<b>119,0</b>	<b>56,3</b>	<b>33,0</b>	<b>67,0</b>	<b>61,3</b>	<b>116,7</b>	<b>102,9</b>	<b>285,6</b>
<b>Комбинированные реагенты, тыс. тонн</b>										
7. КР (1, 2, 3) тв.	0	0	0	0	0	0	0	134,6	93,3	201,1
<b>Итого:</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>134,6</b>	<b>93,3</b>	<b>201,1</b>
<b>В сумме солей, тыс. тонн сухого вещества</b>	<b>209,2</b>	<b>183,8</b>	<b>192,0</b>	<b>91,3</b>	<b>94,6</b>	<b>144,8</b>	<b>115,6</b>	<b>318,5</b>	<b>252,8</b>	<b>543,8</b>

Табл. 3. Информация о видах и объемах закупки ПГР для использования в Москве за период 2004–2014 годов (по состоянию на 1 марта 2014 года)  
\* Даны распространенные общепринятые или товарные названия ПГР (пояснения в тексте)

5. Композиция ацетатов натрия и магния (НМА). Иногда этот реагент называют «Ацелор».

6. Композиции хлористого кальция с другими хлоридами (натрия и калия) и формиатом натрия: массовая доля хлористого кальция – не менее 15%, хлористого натрия — не более 80%; хлористого калия — не более 10 %, формиата натрия – не менее 5 % по массе, соответственно (МР тв.). Композиция в этом случае – это физическая смесь солей.

Композиции хлористого кальция с другими хлоридами (натрия и калия) и формиатом натрия: массовая доля хлористого кальция – не менее 20%, хлористого натрия – не более 75%; хлористого калия – не более 20%, формиата натрия – не менее 5% по массе соответственно (МРК тв.). Также физическая смесь.

**Комбинированные ПГР (физические смеси):**

7. Композиция карбоната кальция (мраморный щебень) и формиата натрия (соль муравьиной кислоты): массовая доля карбоната кальция – 50–80%, формиата натрия – 20–50% по массе соответственно (КР 1 тв.).

Композиции карбоната кальция (мраморный щебень), формиата натрия (соль муравьиной кислоты) и хлорида натрия (пищевая соль): массовая доля карбоната кальция – 20–50%, формиата натрия – 10–30% , массовая доля хлорида натрия – не более 60% по массе соответственно (КР 2 тв.).

Композиции карбоната кальция (мраморный щебень), формиата натрия (соль муравьиной кислоты) и хлорида натрия (пищевая соль) с добавлением хлоридов (кальция и калия): массовая доля карбоната кальция – 20–50%, формиата натрия – 10–30%, массовая доля хлорида натрия – не более 50%, массовая доля хлоридов (кальция и калия) – не более 20% по массе соответственно (КР 3 тв.).

Департаментом жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города Москвы распоряжением от 28 сентября 2011 № 05-14-650/1, утверждена Технология 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).

К сожалению, в ней отсутствует четкий алгоритм расчета потребности в тех или иных реагентах исходя из необходимости проведения определенных операций. **Общая разрешенная солевая нагрузка – свыше 387 тыс. тонн за зимний сезон в пересчете на сухое вещество (в 2011 году – 423 тыс. тонн).** Предусмотрено использование 200 тыс. тонн твердых ПГР на ОДХ, 150 тыс. тонн – на тротуарах и пешеходных зонах. Возможен пересмотр и увеличение указанных объемов. Лимитировано применение жидких ПГР – до 135 тыс. тонн (в 2011 году – до 260 тыс. тонн). Провозглашена замена обработок жидкими ПГР на соответствующие обработки твердыми ПГР.

По факту (табл. 3), для зимнего сезона 2013–2014 годов закуплено 204 тыс. тонн жидких (на 75 полных обработок), 285,6 тыс. тонн твердых (на 102 полные обработки) и до 201,1 тыс. тонн комбинированных ПГР. Цена МР тв. – 12,6 тыс. рублей за тонну; МРК тв. – 13,5 тыс.

рублей за тонну; КР 2 тв. – 18,6 тыс. рублей за тонну.

Данный объем реагентов еще необходимо должным образом накопить, хранить, а затем распределить на территории города за 165 дней зимнего периода. **Солевая нагрузка при полном использовании может достигь 544,8 тыс. тонн.**

С 1994 по 2000 годы на дороги и улицы Москвы ежегодно **распределялось порядка 350 тыс. тонн технической соли** (основа – твердый хлорид натрия). Система зимнего содержания предусматривала ее использование после начала снегопада уже по выпавшему и прикатанному снегу – иного нельзя осуществить при отсутствии жидких ПГР для упреждающей обработки ОДХ. Тогда столичный мегаполис впервые столкнулся с жизнью в условиях «солевого стресса».

Современные твердые и комбинированные реагенты являются механическими смесями от трех до пяти химических веществ – солей, на основе хлористого натрия, составляющего 75–80% массы твердых ПГР. Они, исходя из заявленного химического состава, могут иметь меняющиеся технологические характеристики. Различный гранулометрический состав компонентов, плотность и форма частиц, приводит к резкому возрастанию потерь при распределении, невозможно строго выдерживать нормы расхода на ОДХ, плавящая способность смесей снижается и становится неопределенной.

Разрешено применение комбинированных ПГР (КР 1–3 тв.) на пешеходных зонах, в парках и дворовых территориях. Химический состав этих смесей также не определен. Заявленные продукты не обладают технологическими преимуществами, поскольку содержат смесь фрикционных материалов и солей, использующуюся одновременно, способствуют существенному усилению пылеобразования, загрязнения и солевой нагрузки. Реальна угроза деградации городских почв и зеленых насаждений, куда складывается снег с этих территорий. Расход при разовой обработке составляет 80–200 г/м<sup>2</sup>, на 1 м<sup>2</sup> любой пешеходной зоны Москвы при 50 обработках в среднем за зиму поступит как минимум от 4 до 10 кг солей, а при 75 – от 6 до 15 кг соответственно.

Эффект «побелевших тротуаров» отмечается в городе зимой при отсутствии осадков: солевые растворы (рассолы), просочившиеся и накапливающиеся в порах и трещинах, поднимаются на поверхность, кристаллизуются на цементно-асфальтовых покрытиях, смешиваются с мраморной пылью и иными загрязнителями с ОДХ. Избыточность такого количества солей очевидна. Ранее в Москве для уборки всех пешеходных зон использовали только 10–12 тыс. тонн растворимых солей, или в 12 раз ниже установленного для них объема комбинированных реагентов.

Остатки мраморной крошки при таких сверхвысоких объемах применения неизбежно попадают с тротуаров не только на газоны, но и в лотковую часть дорог. Затем – в ливневую канализацию, накапливаясь, засоряя коллекторы и трубы, вызывая подтопление ОДХ в период обильного выпадения летних осадков.

В целях актуализации правовых актов города Правительство Москвы своими постановлениями от 07 июня 2013 № 367-ПП и 09 сентября 2013 № 588-ПП внесло изменения в действующие редакции постановлений Правительства Москвы от 9 ноября 1999 № 1018 «Об утверждении Правил санитарного содержания территорий, организации уборки и обеспечения чистоты и порядка в г. Москве» и от 10 апреля 2007 № 242-ПП «О порядке допуска к применению противогололедных реагентов для зимней уборки объектов дорожного хозяйства в городе Москве»: «К применению на объектах дорожного хозяйства города Москвы не допускаются противогололедные реагенты, которые имеют физико-химические свойства, не соответствующие физико-химическим свойствам, предусмотренным Технологией зимней уборки объектов дорожного хозяйства с применением противогололедных реагентов».

«Зимняя уборка проезжей части улиц и проездов осуществляется в соответствии с требованиями настоящих Правил и утверждаемой Департаментом жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города Москвы Технологией зимней уборки объектов дорожного хозяйства с применением противогололедных реагентов, получившей в установленном порядке положительное заключение федеральной государственной экологической

экспертизы, определяющей технологию работ, технические средства и применяемые противогололедные реагенты».

«Запрещается:

- применение технической соли и жидкого хлористого кальция в качестве противогололедного реагента на тротуарах, посадочных площадках остановок городского пассажирского транспорта, в парках, скверах, дворах и прочих пешеходных и озелененных зонах, за исключением многокомпонентных противогололедных реагентов, содержащих в своем составе биологически разлагаемый компонент и предусмотренных Технологией зимней уборки объектов дорожного хозяйства с применением противогололедных реагентов, получившей положительное заключение федеральной государственной экологической экспертизы;
- роторная переброска и перемещение загрязненного и засоленного снега, а также скола льда на газоны, цветники, кустарники и другие зеленые насаждения (допускается роторная уборка снега на улицах, перечень которых согласован с Департаментом природопользования и охраны окружающей среды города Москвы)».

Действующая сейчас в городе технология получила положительное заключение государственной экологической экспертизы, сроком действия 10 лет, которое утверждено приказом Департамента Росприроднадзора по ЦФО от 12 сентября 2011 № 08-Э.

Рассмотренными документами, по сути, в Москве в десятилетний период санкционировано распределение до 4,0 млн тонн солей в составе различных ПГР. В настоящее время солевая нагрузка на территорию города, при полном использовании закупленных на зиму реагентов, может превысить 540 тыс. тонн. На каждого жителя Москвы (население свыше 12 млн человек) приходится 45 кг солей. Стоимость государственного заказа на поставку указанного объема ПГР для текущего зимнего периода 2013–2014 годов превысила 8 млрд рублей.

**Д.М. Хомяков,**

Почетный работник жилищно-коммунального хозяйства города Москвы, Заслуженный профессор МГУ имени М.В. Ломоносова, д-р техн. наук