

ВОПРОСЫ ГЕОХИМИИ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Селитебные территории относятся к техногенным ландшафтам. Участники Всероссийской научной конференции «Геохимия ландшафтов (к 100-летию А.И. Перельмана)», прошедшей в МГУ имени М.В. Ломоносова 18–20 октября 2016 года, уделили большое внимание особенностям распределения, миграции, накопления и трансформации металлов, металлоидов, органических веществ, широкого спектра потенциальных загрязнителей в почвах, водах, донных отложениях и растительном покрове на территории различных городов страны. Обсуждались методы их оценки, моделирования и прогнозирования.

Транспорт признается одним из главных источников воздействия на окружающую среду. Расчеты показывают, что из общего объема загрязнения атмосферы городов от 75 до 90% приходится на автомобили, что делает очевидным основные направления улучшения ситуации: создание нового поколения АТС, оптимальная организация дорожного движения, развитие системы общественного транспорта. В погодных-климатических условиях России зимнее содержание улично-дорожной сети городов, внегородских дорог и магистралей невозможно без использования специальных материалов.

Противогололедные реагенты (ПГР) – это твердые (сыпучие), твердые увлажненные («смоченные соли») или жидкие (растворы) химические искусственные средства, распределяемые по поверхности дорожного покрытия для борьбы с зимней скользкостью с целью ее предотвращения или ликвидации. Взаимодействуя со снежно-ледяными отложениями, они обеспечивают частичное временное их плавление с образованием водных растворов реагентов (солей), имеющих температуру замерзания ниже 0°C. Снег становится влажным, содержащим рассолы, и механически должен убираться с поверхности объектов дорожного хозяйства (ОДХ) в регламентные сроки.

С точки зрения геохимии селитебных территорий следует выделить неконтролируемое распространение веществ (солей). Это потери при распределении ПГР, стоки рассолов в ливневую канализацию, разбрызгивание при движении и загрязнение

самого автотранспорта, «соленые» аэрозоли. Сюда же следует отнести роторную перевалку снега с реагентами на придорожные объекты озеленения, временное складирование его на газонах, «сухие» снегосвалки, применение растворимых солей на пешеходных зонах, тротуарах и остановках общественного транспорта в городах и населенных пунктах.

При выборе альтернатив, приводящих к уменьшению антропогенного воздействия на компоненты окружающей природной среды, должны рассматриваться и сравниваться не отдельные реагенты (вещества), а конкретные технологии зимнего содержания ОДХ или пешеходных зон. Данные технологии предполагают, в том числе, использование различных ПГР и фрикционных материалов (щебня, песка и пр.).

Целесообразно учитывать:

- требования к состоянию дорожной сети, специфику городской среды или внегородских магистралей;
- категорию объектов и их предназначение;
- предполагаемый трафик;
- возможные экологические последствия применения определенных норм или объемов ПГР;
- результаты текущего почвенно-экологического мониторинга городской среды или природных объектов, примыкающих к магистралям вне населенных пунктов;
- общую солевую нагрузку на территорию за зимний сезон;
- период действия выбранной технологии, а также санитарно-экологические и финансово-экономические ее аспекты;
- наличие нормативно-правовой базы.

В минувшую зиму в Санкт-Петербурге апробировалась новая технология зимнего содержания была сделана ставка на максимально частое и интенсивное прометание улиц без применения химических реагентов. В итоге использование технической соли упало почти в пять раз: с 95,7 тыс. тонн в 2014–2015 годах до 20,6 тыс. тонн. При этом выросло использование песко-соляной смеси (ПСС), где доля хлорида натрия не превышает 5–10%: 72 тыс. тонн, или на 20% больше. Она используется для снижения скользкости. По данным ГИБДД, приведенным председателем Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга В.В. Рублевским, в январе – феврале число ДТП упало на 20% по сравнению с аналогичным периодом 2015 года. Число погибших при авариях снизилось на 29% (<http://www.fontanka.ru/2016/06/07/039/>).

В разнообразных и сложных погодных-климатических условиях все задачи зимнего содержания улично-дорожной сети можно решить, используя только две соли – хлорид натрия и хлорид кальция, в индивидуальном виде (твердые), в виде физической смеси или спрессованно-компактированных бинарных ПГР, в виде жидкого раствора или увлажненного твердого хлорида натрия раствором хлорида кальция непосредственно при распределении на ОДХ [1, 2 и др.]. Состав и концентрацию различных компонентов в растворах, включая ингибиторы коррозии, конечную реакцию среды (рН) и иные параметры можно регулировать при изготовлении.

Растворы применяются при предварительной обработке ОДХ до начала снегопада; в основную обработку; совместно с твердыми ПГР при комбинированной обработке во время обильных снегопадов, исходя из метеорологических условий. Данная технология позволяет осуществить своевременную механическую уборку и характеризуется минимальной солевой нагрузкой на городскую тер-

Вид ПГР* (содержание основных солей)	Зимний сезон, годы						
	2010–2011	2011–2012	2012–2013	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017
	Жидкие ПГР, тыс. тонн						
ХКН ж. (22% + 6%)	194	240	202	204	140	126	138,2
	Твердые ПГР, тыс. тонн						
ХК тв. (85% и выше)	25,7	0	0	0	0	0	0
ХКН тв. (20–25%, 80–75%)	23,3	50,0	0	88,1	60,6	71,6	60,0
МР тв., МРК тв.	12,3	66,7	102,9	197,5	146,6	33,4	143,0
Итого:	61,3	116,7	102,9	285,6	207,2	105,0	143,0
	Комбинированные реагенты, тыс. тонн						
КР (2, 3) тв.	0	134,6	93,3	201,1	133,0	20,0	31,7
Итого:	0	134,6	93,3	201,1	133,0	20,0	31,7
В сумме солей, тыс. тонн сухого вещества	115,6	318,5	252,8	543,8	379,4	160,3	213,4
В среднем за год солей, тыс. тонн сухого вещества	115,6	311,4					
Стоимость закупки, млрд руб. (оценка)	1,3	4,5	3,9	8,1	5,4	2,1	3,9

Табл. 1. Информация о видах и объемах закупки ПГР для использования в Москве за период 2010–2017 годов (по состоянию на 30 сентября 2016 года, без присоединенных территорий)

* Аббревиатуры названий ПГР раскрываются в тексте

риторию. Следует учесть, что превентивная обработка до снегопада твердыми реагентами неэффективна: до 80–85% уносится во время распределения и уже с самого полотна в результате потоков воздуха от движущегося транспорта и ветра. Их обычно следует применять через 30–40 минут после начала снегопада, когда на дороге уже есть снежная масса, что в условиях мегаполиса невозможно. У жидких – наоборот, при распределении на «сухой» асфальт 75–85% остаются на поверхности даже в условиях интенсивного трафика.

Принципиальное экологическое значение имеют способы удаления снежной массы, содержащей реагенты, отходы и иные загрязнители; ее аккумуляции; временного хранения и дальнейшей утилизации с полноценной очисткой стоков.

С 1994 по 2000 годы на дороги и улицы Москвы ежегодно распределялось порядка 350 тыс. тонн технической соли (основа – твердый хлорид натрия), используемой после начала снегопада уже по выпавшему и прикатанному снегу. Иного нельзя осушить при отсутствии жидких ПГР для упреждающей обработки ОДХ. Сброс снега в реки, складирование его на газонах, «сухие» снегосвалки обусловили последствия «солевого стресса» для городских почв, зеленых насаждений, поверхностных и грунтовых вод, инженерных коммуникаций, автотранспорта, зданий и сооружений, а также необходимость искать новые способы зимнего содержания улично-дорожной сети и пешеходных зон города.

Результаты этих работ сказались в уменьшении солевой нагрузки. В пери-

од с 2004 по 2011 годы в Москве (здесь и далее речь идет о городе в прежних границах, без новых присоединенных территорий) 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. Это соответствовало 90-кратной и 30-кратной обработке всей площади ОДХ жидкими реагентами за сезон. Средняя норма распределения – 42 г/м² (всего 2,8 тыс. тонн по городу) твердых и 40 г/м² (2,7 тыс. тонн соответственно) жидких.

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

№ п/п	Наименование химического элемента/ показателя, форма	Допустимое содержание химического элемента/показателя в составе твердых ПГР (мг/кг)	Допустимое содержание химического элемента/показателя в составе жидких ПГР (мг/л)
1	Фтор, водорастворимая форма	Не более 25,0	Не более 25,0
2	Цинк, валовое содержание	Не более 198,0	Не более 66,0
3	Свинец, валовое содержание	Не более 65,0	Не более 21,0
4	Никель, валовое содержание	Не более 70,0	Не более 23,0
5	Медь, валовое содержание	Не более 117,0	Не более 39,0
6	Ртуть, валовое содержание	Не более 2,0	Не более 0,66
7	Молибден, валовое содержание	Не более 20,0	Не более 6,6
8	Кобальт, валовое содержание	Не более 6,0	Не более 2,0
9	Кадмий, валовое содержание	Не более 2,0	Не более 0,66
10	Хром, валовое содержание	Не более 150,0	Не более 50,0
11	Селен, валовое содержание	Не более 3,0	Не более 1,0
12	Мышьяк, валовое содержание	Не более 10,0	Не более 3,3

Табл. 2. Допустимое содержание химических веществ, не относящихся к действующему веществу в составе ПГР, принятое в Москве [4]

56 тыс. тонн, а на другие соли в сумме – не выше 2 тыс. тонн. Снег, содержащий реагенты и иные загрязнители с дорожного полотна, аккумулируется в валах, затем вывозится и утилизируется на 56 стационарных и 148 мобильных снегосплавных пунктах и станциях.

В рамках технологии упреждающей обработки ОДХ Москвы при среднем соотношении жидких и твердых реагентов 3:1 в общегородском балансе была достигнута минимальная (усредненная за 8 лет) солевая нагрузка, обусловленная зимним содержанием магистралей, улиц, дорог, проездов и площадей **не выше 150 тыс. т.**

За последние шесть лет в Москве применялись различные ПГР [3, 4] (табл. 1).

Жидкие ПГР:

■ 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% (ХКН ж.).

Твердые ПГР:

■ 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 (ХКНМ тв.);

■ 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.).

■ 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.).

(Композиция – это физическая смесь солей).

Комбинированные ПГР:

■ 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.);

■ 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.).

Осуществлена замена обработок жидкими ПГР – соответствующими обработками твердыми ПГР [4].

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 проезжей части 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). По факту, за зимние периоды 2011–2017 годов в среднем на территорию города попадает уже 331,4 тыс. тонн солей за сезон. В общегородском балансе с 2011 года снова превалирует хлористый натрий. Реагент ХК тв. (твердый хлорид кальция, содержание основного вещества не менее 85%) перестал использоваться (табл. 1).

Химический состав всех твердых реагентов строго не определен, допускается его изменение в широком диапазоне. Установлены нормативы для «допустимого содержания химических веществ, не относящихся к действующему веществу в составе ПГР». Они относятся к особо опасным 12 химическим элементам, по-

тенциальным загрязнителям окружающей среды: фтору, цинку, свинцу, ртути, меди, молибдену, хрому, мышьяку, кадмию, селену, никелю и кобальту (табл. 2). Для твердых ПГР суммарная концентрация перечисленных загрязнителей составляет 668,0 мг/кг, а для жидких – 238,2 мг/кг [4]. Их расчетное ежегодное возможное совокупное поступление в окружающую среду города увеличивается на 250–300 тонн.

Разрешено применение комбинированных ПГР (КР тв.) на пешеходных зонах, в парках и дворовых территориях. Заявленные продукты не обладают технологическими преимуществами, поскольку содержат смесь фрикционных материалов и солей, использующихся одновременно.

Для тротуаров есть задача, уменьшив прочность связи льда и снега с покрытием с помощью солей, сделать полноценную механическую уборку. При невозможности полной уборки – создать шероховатую поверхность с помощью фрикционного материала достаточной прочности. Предложенная смесь с высокими нормами распределения способствует существенному усилению пылеобразования, загрязнения и солевой нагрузки. Созданы предпосылки для деградации городских почв и зеленых насаждений, куда складывается снег с этих территорий. Расход при разовой обработке составляет 80–200 г/м²: на 1 м² любой пешеходной зоны Москвы при 50 обработках в среднем за зиму поступит как минимум от 4,0 до 10,0 кг солей, а при 75 обработках – 6,0–15,0 кг соответственно, не менее 50% этого количества составляет хлористый натрий (NaCl) в размерах 2,0–7,5 кг. Формиат натрия (NaHCOO) во внешней среде постепенно превращается (окисляется) в бикарбонат или карбонат натрия (сода) – NaHCO₃ или Na₂CO₃. Ее негативное воздействие на почву и растения при равных концентрациях сильнее, чем у хлористого натрия.



Хлорид калия образует эвтектику со льдом при температуре –10,6°С. В качестве ПГР он был бы теоретически востребован лишь при небольших морозах. Эта соль – минеральное удобрение для сельского хозяйства (агрохимикат), регламентировано строго дозированное применение его в зависимости от свойств почв, биологических особенностей возделываемых культур, контролируется содержание и распространение хлорида калия в объектах окружающей среды. Согласно ГН 2.1.7.2041-06, ПДК валового содержания по хлориду калия (в пересчете на K₂O) в почвах составляет 360 мг/кг с учетом фона (кларка), лимитирующий показатель вредности – водномиграционный. Для KCl эта величина составляет 570 мг/кг. Таким образом, на 1 м² в слое 0–10 см при средней плотности почвы 1,25 г/см³ должно содержаться не более 71 г хлористого калия.

Снег с тротуаров и пешеходных зон складывается на газонах, вокруг деревьев и кустарников или попадает в лотковую часть дорог. Остатки мраморной крошки при таких высоких объемах применения неизбежно попадают на газоны и в ливневую канализацию, на-

капливаясь, засоряя коллекторы и трубы, способствуют подтоплению ОДХ в период обильного выпадения весенних и летних осадков. Происходящее сейчас расширение тротуаров и пешеходных зон, сужение проезжей части улиц усилит эффект.

С ростом объемов использования ПГР обусловленные ими геохимические потоки на селитебных территориях должны объективно оцениваться. Поведение реагентов в окружающей среде, их воздействие на региональные объекты гидросферы, ландшафты, растительность, городские почвы необходимо учитывать при характеристике геоэкологической ситуации в целом, принятии градостроительных решений, разработке и осуществлении проектов озеленения, модернизации ОДХ и пешеходных зон, организации городского пространства и благоустройства.

Д.М. Хомяков, д-р техн. наук,
почетный работник
жилишно-коммунального
хозяйства города Москвы,
заслуженный профессор
МГУ имени М.В. Ломоносова

Литература

1. Аржанухина С.П. Совершенствование технологии применения противогололедных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог. Автореф. дис. на соискание... канд. тех. наук. – Саратов, 2009. – 24 с.
 2. Орлов Ю.Н. Основные факторы, определяющие экологические последствия применения химических противогололедных материалов // Дорожная Держава. – 2013, № 45. – С. 97–99.
 3. Постановление правительства Москвы от 10.04.2007 № 242-ПП (ред. от 24.12.2014) «О Порядке допуска к применению противогололедных реагентов для зимней уборки объектов дорожного хозяйства и дворовых территорий в городе Москве» (вместе с «Общими требованиями к противогололедным реагентам, допускаемым к применению на объектах дорожного хозяйства и дворовых территориях в городе Москве»).
 4. Распоряжение Департамента жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города Москвы от 28.09.2011 № 05-14-650/1 «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)».
- <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=MLAW;n=132907;dst=100001>