

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА
МОСКВЫ "МОСКОВСКИЙ ДЕТСКО-ЮНОШЕСКИЙ ЦЕНТР
ЭКОЛОГИИ, КРАЕВЕДЕНИЯ И ТУРИЗМА"**

Г.Москва

Детское объединение «Менделеев»

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЁДНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО
ОКРУЖАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ**

Выполнил:

Иванков Илья Сергеевич

8 класс

Руководитель:

Савин Иван Михайлович,

Методист ГБОУДО МДЮЦ ЭКТ

г. Москва, 2021 г.

Оглавление

Оглавление	2
Введение	2
Методы исследования	3
Результаты и обсуждение	7
Выводы	10
Список использованной литературы	11

Введение

Традиционно, с приходом зимы, в нашей стране начинается борьба со снегом и льдом на автомобильных и пешеходных дорогах. В зависимости от климатических особенностей конкретного региона, для борьбы с гололедом и снежным накатом используют различные средства и методы. В условиях средней полосы России, в том числе в Москве, в течение зимы часто наблюдается переход значений температуры окружающего воздуха через 0 градусов по цельсию, что приводит к образованию гололедицы. В подобных условиях полный отказ от использования противогололедных материалов влечет за собой повышенный риск возникновения дорожно-транспортных происшествий и травмирования жителей в результате падений.

Зимой 2020-2021 года в Москве для обработки улиц использовались четыре типа противогололедных материалов — жидкие, твердые, фрикционные и комбинированные. В состав противогололедных материалов, используемых в Москве, по данным комплекса городского хозяйства города Москвы, входят: хлориды натрия, калия и кальция, гранитная и мраморная крошка, а также формиат натрия [3]. Гранитная и мраморная крошка относятся к фрикционным противогололедным материалам. Формиат натрия добавляется в состав химических противогололедных средств в качестве ингибитора коррозии. Хлориды натрия, калия и кальция являются основным действующим веществом всех химических противогололедных материалов.

Несмотря на существование физиологической потребности живых организмов в хлоридах, их избыток негативно воздействует на свойства воды и почвы, а также приводят к нарушениям жизнедеятельности живых организмов вплоть до их гибели. Существует большое количество исследований, доказывающих негативное влияние химических противогололедных материалов на окружающую среду [7, 11]. Так же имеются данные о влиянии солевого раствора на структуру почв и его распространении по естественным и искусственным дренажным системам [10]. Но давайте представим, что обрабатываемое дорожное полотно имеет хорошую гидроизоляцию, а все стоки идут в специализированные герметичные дренажные системы,

оснащенные механизмами улавливания и нейтрализации вредных веществ, стекающих с дороги. Другой вариант – использовать так называемые «увлажненные» противогололедные материалы, которые существенно снижают количество влаги на полотне дорог и упрощают механизированную уборку образовавшийся шуги [1]. Станет ли в этом случае процесс очистки улиц с применением ныне имеющихся химических средств экологически безопасным для окружающей среды? В поиске ответа на этот вопрос обозначилась цель нашей работы: **определить дальность распространения антигололедных реагентов по территории, окружающей обрабатываемую автомобильную дорогу.**

Объектом исследования в работе являются противогололедные материалы, используемые для обработки автомобильных дорог.

Предметом исследования является определение дальности распространения химических компонентов противогололедных материалов по территории, окружающей обрабатываемую дорогу, в зависимости от особенностей местности.

В работе были поставлены следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ химического состава имеющихся на рынке противогололедных реагентов (по данным производителей);
2. Проанализировать научную литературу по теме «обнаружение химических компонентов противогололедных материалов» и выбрать метод исследования;
3. Определить зависимость дальности распространения химических компонентов противогололедных материалов от особенностей местности;
4. Определить наличие химических компонентов противогололедных материалов в снеге, а также в почве сразу после таяния снега и после полного схода талых вод;
5. Разработать рекомендации по защите окружающей территории от антигололедных реагентов, применяемых для обработки автомобильных дорог.

Методы исследования

Практическая часть работы была выполнена в период с марта по май 2021 года на базе лаборатории Экологического мониторинга станции Юных натуралистов и на территории станции, прилегающей к улице Юннатов.

Улица Юннатов представляет собой дорогу с одной полосой для движения транспортных средств. Транспортная загруженность дороги сравнительно небольшая – по моим наблюдениям, в дневное время по дороге в среднем проезжает 40 автомобилей в час. Со стороны забора, окружающего территорию станции находится тротуар, примыкающий к проезжей части. Территория станции Юных натуралистов не имеет выраженного

микрорельефа, но имеются неоднородные участки растительности – от густых кустарников до редко стоящих деревьев с высоко расположенными ветвями, без подлеска.

Для проведения сравнительного анализа химического состава противогололедных реагентов использовались данные производителей, взятые из технических условий и рекламных проспектов. Противогололедные материалы сравнивались не только по химическому составу, но и по их безопасности для окружающей среды, декларируемой производителем.

По итогам анализа научных работ, посвященных вопросам применения противогололедных реагентов, анализа их химического состава, а также по итогам сравнительного анализа данных производителей реагентов, был разработан следующий алгоритм работы и применяемые методы:

1. На территории станции было заложено 7 контрольных площадок размером 1x1 метр в местах с разной растительностью на различном удалении от проезжей части дороги. План-схема расположения контрольных площадок изображена на рисунке 1:

- площадка №1 - на удалении 5 метров, пространство до дороги свободное от растительности;
- площадка №2 – 5 метров, пространство до дороги отделено редкими кустами;
- площадка № 3 – 22 метра, на удалении 12 метров от дороги расположен густой кустарник;
- площадка № 4 – 22 метра, на удалении 7 метров от дороги редкие кусты растительности;
- площадка № 5 – 40 метров, по прямой до дороги несколько рядов кустарника;
- площадка № 6 – 50 метров, по прямой до дороги редкие одиночные кусты;
- площадка № 7 – 120 метров, по прямой до дороги редкие одиночные кусты.

Дополнительно, в качестве эталонного показателя максимального загрязнения (снежные массы с максимальной концентрацией реагентов), одну площадку (№0) использовали непосредственно у обочины проезжей части.

Средняя высота кустарниковой растительности в местах расположения контрольных площадок не превышала 1.5 метра.

2. Определение дальности распространения химических компонентов противогололедных материалов проводилось путем химического анализа проб снега, взятых на контрольных площадках. Дополнительно, после таяния снега, исследовались пробы почвы, взятые сразу после таяния снега и после полного схода талых вод.
3. По итогам сравнительного анализа химического состава противогололедных реагентов выяснилось, что основными их

компонентами являются хлориды натрия, калия и кальция. Все эти соли хорошо растворимы в воде, но определение их катионов требует определенной квалификации и специального инструментария [9, 13]. Поэтому определение следов реагентов в пробах проводилось путем качественного анализа на наличие хлорид-ионов Cl^- .

Анализ химического состава снега проводился в марте. Пробы почвы брались в апреле и мае – сразу после таяния снега и после полного схода талых вод соответственно.

Образцы снега и почвы отбирались методом конвертов [8, 13]. Образцы снега брались на всю глубину снежного покрова. Образцы почвы брались от поверхности до глубины 20 сантиметров. Из пяти точечных проб с каждой контрольной площадки готовилась объединённая проба, из которой, в свою очередь, методом квартования, выделялась проба для анализа.

При взятии пробы снега фиксировалась толщина снежного покрова, структура среза, температура слоев. После растапливания пробы анализировались следующие показатели: запах, цвет, прозрачность, содержание взвеси, оставшейся на фильтре.

При взятии проб почвы определялась структура, плотность, влажность.

Пробу для анализа снега массой 100 гр. после таяния фильтровали через складчатый фильтр из фильтровальной бумаги «белая лента».

Пробу для анализа почвы очищали от неперегнивших остатков и включений, затем высушивали до воздушно-сухого состояния. Навеску массой 10 гр. измельчали, помещали в коническую колбу вместимостью 250 cm^3 и заливали 50 cm^3 дистиллированной воды. Содержимое колбы взбалтывали в течение 10 минут и фильтровали через складчатый фильтр (белая лента).

После фильтрования проб анализировалось наличие ионов: хлоридов, сульфатов, сульфитов, свинца, железа (III и II), меди, нитратов, нитритов, определялась общая жесткость талой воды. Исходя из цели исследования, в данной работе отражены результаты анализа на наличие хлорид-ионов.

Определение хлоридов проводили по ОФС. 1.2.2.0001.15 [12]. К 10 мл отфильтрованной пробы прибавляли 2,5 мл азотной кислоты разведенной 16 % и 2,5 мл серебра нитрата раствора 2 %. Для контроля, после выпадения осадка, отбирали 2 мл получившегося раствора и добавляли 1 мл аммиака 10%.

Пробы сравнивали друг с другом по выпадению осадка, интенсивность которого ранжировали по 4-бальной шкале: отсутствие изменений в растворе (0б), опалесценция раствора (1б), видимое помутнение раствора (2б), сильное помутнение раствора (3б), явно выраженный белый творожистый осадок (4б). При визуальной оценке осадка в баллах допускались промежуточные значения с шагом в 0.5 балла.

Рисунок 1.

План-схема расположения контрольных площадок на территории Станции юных натуралистов



Результаты и обсуждение

Данные по химическому составу противогололедных реагентов, имеющих на рынке, приведены в таблице 1. Как видно из данных, основными компонентами большинства препаратов являются хлориды натрия, и кальция, содержание которых в сумме составляет от 50 до 100%, в качестве вспомогательных компонентов используются формиаты натрия и калия в качестве ингибиторов коррозии и некоторые другие добавки, точный состав или их действие не всегда явно указывается на упаковке и в сопроводительных документах. Несмотря на это, производители декларируют экологическую безопасность продаваемых реагентов. Анализ имеющихся в свободном доступе патентов на антигололедные составы показывает, что, используя понятие «экологическая безопасность», производители в основном подразумевают снижение количества сточных вод, образующихся в результате действия реагентов [2]. Так же, анализируя состав и рекламные материалы, можно сделать вывод, что при разработке антигололедных композиций основной задачей разработчиков, помимо улучшения плавящих свойств, является повышение фрикционных и антикоррозионных свойств их продукции. Не вполне понятна практика добавления в антигололедные композиции, особенно с приставкой «БИО-» мочевины и хлорида калия [6], которые обладают самыми слабыми плавящими свойствами (порог КСl -4°C , мочевины -7°C). Производитель обосновывает использование этих компонентов тем, что они применяются в качестве удобрений в сельском хозяйстве. В препаратах «Биодор» и «Бионорд» содержание мочевины и хлорида калия доходит до 20% [15, 16], что, учитывая объемы реагентов, используемых для обработки дорог, является избыточным и даже вредным для растений [5] и животных.

Таблица 1.
Химический состав противогололедных реагентов

Название реагента	Химический состав	примечание
Группа препаратов «Бионорд»	Хлорид кальция – 10-30% Хлорид натрия – 45-89% Хлорид калия – не более 10% Карбамид – не более 10% Формиат натрия – не более 15% Формиат калия – не более 15%	Плавящий компонент Плавящий компонент Ингибитор коррозии Ингибитор коррозии
Соль техническая антигололедная	Хлорид натрия – 93% Хлорид магния – 3,3% Хлорид калия – 2,7%	Плавящий компонент
Группа препаратов «Экород»	Хлорид кальция – основной компонент Хлорид натрия – вспомогательный компонент Антикоррозионные добавки	Плавящий компонент Плавящий компонент Точные пропорции не указаны
Средство для борьбы с	Хлорид кальция Хлорид натрия	Плавящий компонент Плавящий компонент

гололедом "БИОДОР"	Хлорид магния Хлорид калия Формиаты натрия или калия	Точные пропорции не указаны Ингибитор коррозии
ЭСБГ	Хлорид кальция Хлорид магния Биофильные элементы	Плавающий компонент Точные пропорции не указаны
Группа препаратов Icemelt	Хлорид натрия – 50-85% Хлорид кальция – 15-50%	Плавающий компонент Плавающий компонент Гранулы основных компонентов обработаны антикоррозионным составом
ХКМ	Хлорид кальция модифицированный	Плавающий компонент
ХКФ	Хлорид кальция модифицированный фосфатами	Плавающий компонент
НОРДВЕЙ (Нордикс-II)	ацетат калия модифицированный	Плавающий компонент

Дополняет общую картину, регламент зимней уборки дорог и улиц города Москвы [14]. В таблице 2 представлены требования к составам реагентов, применяющимся для уборки Московских дорог и улиц.

Таблица 2.
Требования к составу жидких и твердых реагентов в г.Москве

Жидкие ПГР	
Массовая доля растворимых солей	27-29%
Хлористый кальций	22-23%
Хлористый натрий	5-6%
Твердые ПГР (на основе композиции хлористого кальция)	
Хлористый кальций	Не менее 20%
Хлористый натрий	Не более 75%
Хлористый калий	Не более 20%
Формиат натрия	Не менее 5%
Твердые ПГР (на основе композиции хлористого кальция и натрия)	
Хлористый кальций	Не менее 20%
Хлористый натрий	Не более 80%
Твердые ПГР (на основе композиции хлористого кальция)	
Хлористый кальций	Не менее 15%
Хлористый натрий	Не более 80%
Хлористый калий	Не более 10%
Формиат натрия	Не менее 5%
Комбинированные ПГР	
Хлорид натрия	50-60%
Формиат натрия	10-30%

По итогам сравнительного анализа химического состава противогололедных реагентов можно сделать вывод, что в подавляющем большинстве случаев в качестве основного действующего вещества для обработки дорожного покрытия используются хлориды натрия и кальция, содержание которых в антигололедных композициях в совокупности составляет не менее 70%.

Анализ проб снега проводился в марте. Результаты анализа снега на присутствие хлорид-ионов в пробах, взятых с контрольных площадок, приведены в таблице 3.

**Таблица 3.
Результаты анализа снега**

№ площадки	Вид осадка	баллы
0	Сильное помутнение, начало образования осадка	3,5
1	Сильное помутнение	3
2	Сильное помутнение	3
3	Опалесценция / слабое помутнение	1,5
4	Видимое помутнение	2
5	Опалесценция	1
6	Опалесценция / слабое помутнение	1,5
7	Слабая опалесценция	0,5

Как видно из данных, приведенных в таблице 3, с удалением от проезжей части концентрация хлорид-ионов в целом снижается. На расстоянии 5 метров от дороги наличие невысокой растительности никак не сказалось на изменении концентрации хлоридов, попавших на снег. В точке №3, расположенной на расстоянии 22 метра от дороги, присутствие густого кустарника значительно снизило концентрацию хлорид-ионов относительно площадки №4. На площадке №5, расположенной в 40 метрах от проезжей части присутствие низкой растительности разной густоты сказалось на снижении концентрации хлоридов относительно площадки №6. На расстоянии 120 метров от проезжей части все еще обнаруживаются следы хлоридов.

Результаты анализа почвы на присутствие хлорид-ионов приведены в таблице 4.

**Таблица 4.
Результаты анализа почвы**

№ площадки	Оценка осадка в баллах	
	После таяния снега	После схода талых вод
0	1,5	0,5
1	0,5	0
2	0,5	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0

Как видно из данных, приведенный в таблице 4, в почве после таяния снега, следовые количества хлоридов обнаруживаются только на площадках 1 и 2, расположенных в 5 метрах от дороги. Непосредственно на обочине дороги концентрация хлоридов хоть и значительно снижается, но все же достаточно высока. После схода талых вод и высыхания почвы наличие хлоридов при

нашем методе исследования не выявляется. На обочине дороги все еще можно обнаружить следовые количества реагентов.

Выводы

Сравнительный анализ противогололедных материалов показал, что несмотря на декларируемую производителями экологическую безопасность их продукции для окружающей среды, основным действующим веществом в подавляющем большинстве случаев являются хлориды натрия и кальция, а присутствие остальных компонентов незначительно и направлено, в первую очередь, на снижение коррозионных свойств и уменьшение жидкой фракции снежно-ледовой массы, что облегчает уборку дорог и уменьшает количество сточных вод, попадающих в городские водостоки.

По итогам нашего исследования можно констатировать, что реагенты, используемые для обработки дорог, распространяются по окружающей территории не только вместе со стоками растаявшего снега, но и, вероятно, в виде аэрозоля, который разносится воздушными потоками. Аэрозоль образуется в процессе обработки дорог реагентами, а также, вероятно, в результате разбрызгивания проезжающими автомобилями снежных масс, тающих под действием реагентов. Эта версия требует дальнейших исследований, которые мы запланировали провести в течение текущей зимы.

Анализ результатов эксперимента показал, что противогололедные реагенты, используемые для обработки дорог, распространяются по окружающей территории на расстояние до 120 метров. Также, из наших результатов видно, что наличие густой растительности даже небольшой высоты способствует снижению количества реагентов, попадающих на территорию вокруг автомобильной дороги.

Также необходимо отметить, что растворимые соли, к которым относятся хлориды натрия, калия и кальция, не задерживаются в почве после таяния снега в количествах, которые можно определить по выбранной нами методике. Из результатов нашего исследования видно, что солевой раствор из растворимых химических компонентов противогололедных композиций хорошо вымывается из верхнего слоя почвы. Определение дальнейшего пути водных стоков, насыщенных хлоридами не входило в задачи настоящего исследования.

В целях снижения распространения антигололедных реагентов по территории, окружающей автомобильные дороги можно рекомендовать сплошную высадку густых кустарников вдоль проезжей части высотой до 1,5-2 метра, либо устройство широких газонов с более разреженной высадкой густой кустарниковой растительности в несколько рядов.

Список использованной литературы

1. http://www.zr.ru/content/news/518795-eksperty_sopostavili_vred_i_polzu_antigololednyh_materialov;
2. <https://findpatent.ru/patent/224/2243248.html>;
3. <https://ria.ru/20201202/uborka-ulits-1587307471.html>;
4. <https://www.agrojour.ru/ovoshhevodstvo/na-zametku/izbytok-udobrenijj-vreden-dlya-rastenijj.html>;
5. <https://www.o8ode.ru/article/krie/noice/article.htm>;
6. <https://www.teh-stroy.ru/bionord.php?yclid=15788376571910029311#price>;
7. Водянова М.А., Сбитнев А.В., Матвеева И.С., Антропова Н.С., Абрамов Е.Г. Изучение аэрозольного загрязнения атмосферного воздуха в результате применения противогололедных материалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 5;
8. ГОСТ 17.4.4.02-84. "Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа", 1986;
9. ГОСТ 26425-85. "Методы определения иона хлорида в водной вытяжке", 1985;
10. Королев В.А., Соколов В.Н., Самарин Е.Н. Оценка эколого-геологических последствий применения противогололедных реагентов в г. Москве // Инженерная геология, Март 2009 – 2009;
11. Малышева О.Г., Шелепова О.В., Водянова М.А., Донерьян Л.Г., Ушакова О.В., Юдин С.М. Эколого-гигиенические проблемы применения противогололедных реагентов в условиях крупного мегаполиса (на примере территории города Москвы) // Гигиена и Санитария. - 2018. - № 97(11);
12. Общая фармакопейная статья. 1.2.2.0001.15 Общие реакции на подлинность;
13. Прожорина Т.И., Затулей Е.Д. Химический анализ почв. Воронеж, 2009;
14. Распоряжение Департамента жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города Москвы №05-14-650/1 от 28.09.2011;
15. СТО 67829831-002-2010 «противогололедные препараты Бионорд», технические условия, 2016;
16. ТУ 2149-001-93988694-06 "Средство для борьбы с гололедом "БИОДОР", 2007.