

УДК 504.054

ПРОТИВОГОЛОЛЁДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ПОЧЕМУ ЭТО ЗЛО?

Вылетялова В.Е., студент гр. ТХТ-231, III курс,

Ляшенко А.С., студент гр. ТХТ-231, III курс

Научный руководитель: Белоусова К.О., преподаватель СПО

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

Зимнее время года традиционно становится серьёзным испытанием для всех регионов России, а в частности для Сибири. В это время резко увеличивается число дорожно-транспортных происшествий, опасных ситуаций и случаев травмирования людей. Основная причина – зимняя скользкость, вызванная гололёдом. Для решения этой проблемы коммунальные и дорожные службы применяют противогололёдные реагенты (ПГР) – материалы, способные плавить снежные, ледяные и снежно-ледяные образования на дорожной и пешеходной зоне [1-3]. Их использование позволяет улучшить ситуацию на дорогах и уменьшить уровень травматизма. Однако они могут пагубно влиять на экологию: разрушать экосистему почвы и вызывать их засоление; оказывать коррозионное действие на металлические детали машин; порча одежды и обуви; также могут являться источником раздражения и аллергических реакций на коже и лапах домашних питомцев.

Жидкие ПГР - солевые растворы на основе хлоридов или ацетатов с добавлением ингибиторов коррозии [4]. Их действие основано на химическом разрушении структуры льда и снега и образовании тонкой солевой пленки, предотвращающая повторное примерзание снега.

Твёрдые ПГР – гранулы размером 1 - 5 мм. Основные компоненты – природные материалы такие как (бишофит и галит) и отходы переработки силикатной и карналлитовой руд. Механизм действия основан на гигроскопичности: солевые гранулы превращаются в солевой раствор, плавающий лёд и снег. Также твёрдые ПГР обладают абразивностью, улучшающей сцепление шин и подошвы обуви с дорожным покрытием [5].

Двухфазные ПГР – это продукт смачивания гранулированного реагента жидкой фазой, что позволяет сократить потери твёрдого реагента при нанесении на дорожное покрытие за счёт уменьшения эффекта «отскока», ускоряет начало плавления льда путём снижения точки замерзания. Двухфазные ПГР сочетают в себе свойства твёрдых и жидких ПГР [6, 9].

Фрикционные ПГР – сыпучие нерастворимые в воде гранулы до 5 мм (щебень, шлак, песок, песчано-гравийная смесь), не обладающие плавающей способностью. Обеспечивают снижение скользкости за счёт повышения шероховатости поверхности, не загрязняют почву и воду, не разъедают кожу, металлоконструкции. К числу недостатков относятся повышенный износ дорожного

покрытия; образование мелкодисперсной пыли, загрязняющий воздух; а также засорение систем водоотведения [7].

Основными составляющими большинства ПГР являются хлорид натрия, кальция, магния; ацетат аммония; карбамиды и формиаты, а также примеси металлов (меди, кобальта, свинца и другие) [8].

Хлориды. При взаимодействии хлорида натрия с серой или углеродом, выделяемыми покрышками автомобилей, образуются токсичные соединения – сульфид натрия и четыреххлористый углерод, последний при контакте с кислородом воздуха превращается в фосген – удушающий газ. Хлориды натрия и кальция способствуют деградации почвы, а именно засолению при превышении допустимого количества солей. Хлорид магния (бишофит) из-за низкой стоимости проходит минимальную очистку и может содержать до 70 примесных элементов, что обуславливает его токсичность. Вязкая структура бишофита создает на льду мыльную пленку, увеличивающую скользкость. Гигроскопичности хлоридов к вытягиванию влаги при контакте с кожей животных, вызывая раздражение и трещины [10].

Ацетаты. Ацетат аммония содержит азот, который при попадании в почву приводит к образованию нитратов, опасные для здоровья человека в высоких концентрациях. При попадании ацетат-иона в воду с ливневыми водами он активно потребляется микроорганизмами, что ведёт к резкому падению уровня кислорода в воде и гибели рыбы.

Карбамиды. Используют в качестве удобрения, попадая в водоёмы, провоцируют взрывной рост сине-зеленых водорослей. Их отмирание сопровождается потреблением кислорода, что вызывает гибель водных организмов. Пыль карбамида, образующаяся при сухом распределении или движении транспорта, при длительном вдыхании приводит к хроническому воспалению слизистых оболочек как у животных, так и у людей.

Формиаты. Формиаты оказывают минимальное воздействие на окружающую среду, так как разлагаются на воду и углекислый газ. Однако они представляют опасность для животных при контакте с кожей или проглатывании. Формиат-ион – это метаболит метанола и в высоких концентрациях в организме он может оказывать токсическое действие на сетчатку глаза и зрительный нерв [11].

Исследование выполнено на образце ПГР, отобранном. Проведён внешний осмотр пробы: гранулы разной формы беловато-серого цвета, средний размер гранул от 1 мм до 5 мм, имеет хорошую растворимость в воде, интенсивность запаха 1 балл по ГОСТ Р 58427–2020, однородного состава, нейтральный pH.

Для определения качественного состава растворимой и твёрдой части 50 г пробы растворили в 1 л дистиллированной воды. Спустя 24 часа отфильтровали полученную суспензию, отделив жидкую фазу (фильтрат) от нерастворимой. Затем фильтрат выпарили, после чего подвергли сушке вместе с твёрдым остатком при 100 °С. Полученные образцы анализировали на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН

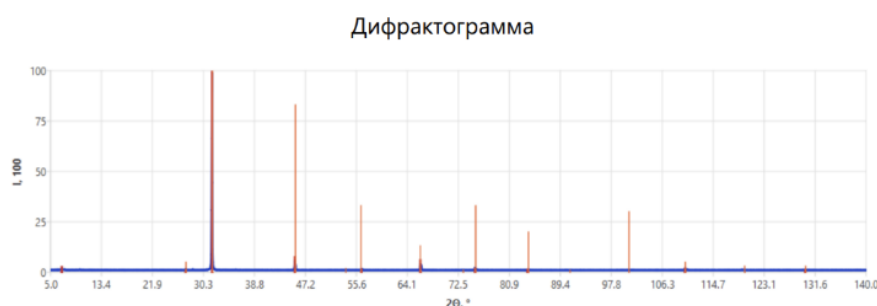
МАКС-GVM». Результаты рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Состав жидкой и твердой фазы противогололедного реагента

Элементы	Cl, имп/сек	Fe, имп/сек	Ca, имп/сек	Si, имп/сек
Жидкая фаза	47063,4	—	—	—
Твердая фаза	—	2819	60243,5	1231,8

Для проведения рентгенофазового анализа отобрали гранулу исследуемого ПГР и исследовали на настольном дифрактометре КОЛИБРИ (АО «ИЦ «Буревестник», Россия). На рисунке 1 представлена полученная дифрактограмма. По результатам анализа установлено, что образец представляет собой галит (NaCl).



№	Фаза	Содержание (масс.%)	a	b	c	α	β	γ	Текстура
1	Halite	100.00	5.628	5.628	5.628	90	90	90	

Рис. 1. Протокол фазового анализа

Опираясь на полученные результаты РФА были проведены качественные реакции для подтверждения присутствия определённых ионов в пробе в растворимой части.

Качественная реакция на хлорид-ионы. В пробирку добавили 3-5 капель раствора исследуемой пробы ПГР и несколько капель нитрата серебра. В результате реакции наблюдали выпадение белого осадка хлорида серебра.

Качественная реакция на непредельные углеводороды (УВ). К 3-5 каплям раствора пробы добавили несколько капель серной кислоты и перманганата калия, затем нагрели над пламенем спиртовки. Наблюдалось обесцвечивание раствора, что указывает на наличие непредельных УВ.

Качественная реакция на ионы натрия. В металлический держатель поместили небольшое количество нерастворённой пробы и поднесли к пламени спиртовки. В результате реакции наблюдали изменение бесцветного пламени спиртовки на ярко-жёлтое.

Также по результатам качественного анализа установлено отсутствие в исследуемой пробе ионов аммония, бромиды, йодида, свинца (II) и кальция, что подтверждается отрицательными результатами реакций: с гидроксидом натрия (лакмус не меняет окраску на синюю, ионы аммония не выявлены), с нитратом серебра (осадки бромиды и йодида серебра не образуются), с йодидом калия

(золотистый осадок йодид свинца (II) отсутствует) и с карбонатом натрия (осадок карбонат кальция не выпадает). Следовательно, в составе пробы, помимо ранее обнаруженных хлорид-ионов, ионов натрия и непредельных УВ, другие проверяемые компоненты отсутствуют.

Отрицательные результаты также получены при проведении реакции серебряного зеркала на альдегиды.

Далее провели осадительное титрование для количественного определения хлорид-ионов по методу Мора с целью определения массового содержания хлорид-ионов [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Для этого предварительно приготовлен раствор нитрата серебра, точная концентрация которого установлена титрованием стандартным раствором хлорида натрия.

Анализируемую пробу готовили следующим образом: точную навеску массой 0,5028 г растворили в дистиллированной воде, полученный раствор отфильтровали и осадок промыли. Затем фильтрат количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 500 см³ и довели до метки дистиллированной водой. Затем отбирали 10 мл пробы в коническую колбу и проводили титрование стандартизированным раствором нитрата серебра в присутствии хромата калия до перехода жёлтой окраски в красно-бурую.

Содержание хлорид-ионов определяли по формуле:

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{C_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3} \cdot M_{\text{NaCl}}}{1000 \cdot m_{\text{навески}}} \cdot \frac{V_{\text{к}}}{V_{\text{п}}},$$

где C_{AgNO_3} – нормальная концентрация нитрата серебра, моль-экв/л;

V_{AgNO_3} – объём нитрата серебра, пошедший на титрование, см³;

M_{NaCl} – молярная масса хлорида серебра, г/моль;

$m_{\text{навески}}$ – масса навески пробы;

$V_{\text{п}}$ – объём аликвотной части раствора определяемого вещества, см³;

$V_{\text{к}}$ – общий объём исследуемого раствора, см³.

Содержание хлорид-ионов в пробе, пересчитанное на NaCl по результатам осадительного титрования, составило 99,38 %, что соответствует требованию ГОСТ Р 58427–2020, согласно которому содержание действующего вещества должно быть не менее 85 %.

Таким образом, по результатам исследований выявлено, что в состав входят в основном ионы хлора на основе хлорида натрия. С помощью качественных реакций также установлено присутствие в растворимой фазе следовых количеств непредельных углеводородов. В твердой части методом РФА обнаружено содержание примесей кальция, железа и кремния.

Список литературы:

1. Рязанцев, Д. С. Антигололёдные реагенты на основе экологически чистых материалов / Д. С. Рязанцев, А. А. Подгорный, П. А. Пирогов // STUDNET/ – 2020. – т. 3. – №12. – с. 1293–1306.
2. ГОСТ 33387–2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Противогололедные материалы. Технические требования» [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139225> (Дата обращения 15.03.2026)

3. ГОСТ Р 58427–2020 «Материалы противогололедные для применения на территории населённых пунктов. Общие технические условия» [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566395788> (Дата обращения 16.03.2026)

4. Постановление Правительства Москвы от 24.12.2014 № 815-ПП «О внесении изменений в постановление Правительства Москвы от 10 апреля 2007 г. N 242-ПП «Общие требования к противогололедным реагентам, допускаемым к применению на объектах дорожного хозяйства и дворовых территориях в городе Москве»» [Электронный ресурс] – URL: http://mosopen.ru/document/815_pp_2014-12-24 (Дата обращения: 17.03.2026)

5. Постановление Исполнительного комитета муниципального образования г. Казани от 13.08.2014 N 4735 (ред. от 21.12.2022) «О порядке содержания и ремонта автомобильных дорог общего пользования местного значения г. Казани» [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/432900584?section=text> (Дата обращения: 18.03.26)

6. Dr. M. Stone, Dr. M.B. Emelko, Dr. J. Marsalek, Dr. J.S. Price, Dr. D.L. Rudolph, Dr. H. Saini, Dr. S.L. Tighe. Assessing the Efficacy of Current Road Salt Management Programs. July 26, 2010. University of Waterloo, 227 p.

7. Наука РФ. В чем соль: из чего создают противогололедные реагенты [Электронный ресурс] – URL: <https://наука.рф/journal/v-chem-sol-iz-chego-sozdayut-protivogololednye-reagenty/> (Дата обращения 18.03.2026)

8. ОДМ 218.6.021–2019 «Методические рекомендации по применению чистых низкотемпературных противогололедных материалов для зимнего содержания автомобильных дорог» [Электронный ресурс] – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/odm-2186021-2019.pdf> (Дата обращения: 20.03.2026)

9. ОДН 218.2.027–2003 «Требования к противогололедным материалам» [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032208> (Дата обращения: 16.03.2026)

10. Водянова, М.А. Проблема применения и оценки противогололедных препаратов в условиях мегаполисов / М.А. Водянова, О.В. Ушакова, Л.Г. Доне-рьян, И.С. Евсеева // Современные проблемы науки и образования / – 2018. – №5. – с. 53.

11. Яковенко, Т.А. Острые отравления метанолом: обзор литературы / Т.А. Яковенко, О.Я. Онан, А.М. Долума, А.Ю. Тарасов // Вестник магистратуры / – 2022. – №12-1 (135). – с. 4-8.

12. Ганжара, Н.Ф. Практикум по почвоведению: учебное пособие / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Р.Ф. Байбеков. – Москва: Агроконсалт, 2002. – 280 с.