Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian Journal of Transport Engineering https://t-s.today

2023, Том 10, № 3 / 2023, Vol. 10, Iss. 3 https://t-s.today/issue-3-2023.html

URL: https://t-s.today/PDF/11SATS323.pdf

DOI: 10.15862/11SATS323 (https://doi.org/10.15862/11SATS323)

2.1.8. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей (технические науки)

Исследование противогололедных материалов для повышения безопасности дорожного движения в условиях 1-ой дорожно-климатической зоны

Копылов С.В., Николаева Н.П.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Копылов Сергей Вадимович, e-mail: kopylovsergey@inbox.ru

Аннотация. Авторами представлена статья, отражающая одну из актуальных проблем зимнего периода в нашей стране, является аварийность на автомобильных дорогах и городских улицах. Зимний период в Республике Саха (Якутия) составляет 7 месяцев, это обуславливает важность повышения уровня безопасности движения на автомобильных дорогах и городских улицах и их зимнего содержания.

Основной задачей зимнего содержания в городских условиях является борьба с зимней скользкостью для безопасного передвижения участников дорожного движения. Зимняя скользкость на городских улицах является одним из опасных факторов, ухудшающим условия дорожного движения и способствующим увеличению вероятности появления дорожно-транспортных происшествий.

Решение проблемы зимней скользкости включает в себя распределение по дорожному покрытию эффективных противогололедных материалов для повышения безопасности дорожного движения.

В крупных городах центральной части России в основном используют соль (NaCl), а также пескосоляную смесь, которые эффективно работают с учетом географического расположения и климатических условий этих районов. Соляные реагенты в условиях низких температур Республики Саха (Якутия) не могут работать эффективно, так как не подходят по температурному режиму. Ввиду этого поиск подходящих противогололедных материалов для условий Республики Саха (Якутия), в частности для города Якутска является целью исследования.

В статье рассмотрены наиболее подходящие противогололедные материалы, применяемые в условиях г. Якутска для I-ой дорожно-климатической зоны. В рамках исследования были изучены фрикционные противогололедные материалы, такие как речной песок и щебень мелкой фракции 3×10 мм.

При этом опыты показали, что использование щебня в качестве противогололедного материала не является совершенным материалом, который имеет так же ряд недостатков в виде засоров ливневых каналов, дополнительных затрат и трудностей при уборке с проезжей части и с зеленых насаждений.

Борьба с зимней скользкостью и применение противогололедных материалов является одним из мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, которое требует дальнейшего изучения и продолжение научного исследования противогололедных материалов в условиях г. Якутска.

Ключевые слова: противогололедные материалы; щебень; скользкость; мероприятия по повышению безопасности дорожного движения; городские улицы; зимнее содержание улиц; пескосоляная смесь; эксплуатация городского хозяйства

Research of deicing agents for improving road safety in the conditions of the I-st road building climatic zone

Sergey V. Kopylov, Nariya P. Nikolaeva

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Corresponding author: Sergey V. Kopylov, e-mail: kopylovsergey@inbox.ru

Abstract. The authors present an article reflecting one of the urgent problems of the winter period in our country is the accident rate on highways and city streets. The winter period in the Republic of Sakha (Yakutia) is 7 months, which determines the importance of increasing the level of traffic safety on highways and city streets and their winter maintenance.

The main winter maintenance task in urban areas is to combat winter slippery conditions for safe riding of road users. Winter slipperiness on urban streets is one of the dangerous factors that worsen traffic conditions and contribute to an increase in the road accidents probability.

The solution to the winter slipperiness problem includes the effective deicing agents distribution on the road surface to improve road safety.

In large cities of central Russia, salt (NaCl) is mainly used, as well as sand-salt mixture, which work effectively taking into account the geographical location and climatic conditions of these areas. Salt reagents in the Republic of Sakha (Yakutia) low temperature conditions cannot work effectively, as they are not suitable for the temperature setting. Due to this, the search for suitable deicing agents for the conditions of the Republic of Sakha (Yakutia), in particular for the city of Yakutsk is the purpose of the study.

The article considers the most suitable deicing agents used in the Yakutsk conditions for the I-st road building climatic zone. Within the study framework the friction deicing agents such as river sand and crushed stone of fine fraction 3×10 mm were studied.

At the same time, experiments have shown that the use of crushed stone as a deicing agent is not a perfect material, which also has a number of disadvantages such as storm water channels clogging, additional costs and difficulties in cleaning from the roadway and from green areas.

Combating winter slipperiness and the use of deicing agents is one of the measures to improve road safety, which requires further study and continuation of scientific research of deicing agents in the conditions of Yakutsk.

Keywords: deicing agents; crushed stone; slipperiness; measures to improve road safety; city streets; winter street maintenance; sand-salt mixture; operation of urban economy

Введение

Introduction

Городские улицы и автомобильные дороги в I-й дорожно-климатической зоне являются важнейшей частью социально-экономического положения района или региона в целом, обеспечивающей безопасное передвижение автомобильного транспорта и населения в суровых условиях Крайнего Севера.

Одним из актуальных проблем зимнего периода в нашей стране является аварийность на автомобильных дорогах и городских улицах. Зимний период в Республике Саха (Якутия) составляет 7 месяцев, это обуславливает важность повышения уровня безопасности движения на автомобильных дорогах и городских улицах и их зимнего содержания [1].

Республика Саха (Якутия) имеет резко континентальный климат, с продолжительным зимним периодом и коротким летним. Территориально район находится в юго-западной части Центрально-Якутской равнины. Рельеф равнинный, эрозионно-аккумулятивного типа [2].

Городской округ «Город Якутск» расположен в Центральной Якутии на левобережье реки Лена. Морфология района определяется его приуроченностью к речной долине (урочищу) «Туймаада» [2].

Минимальная зимняя температура минус 56–58°С. Максимумы летней — 38–39°С Среднегодовая температура — минус 39,1°С. По природно-климатическим условиям район относится к северной строительно-климатической зоне с наиболее суровыми условиями, климатический подрайон IА [2]. Зима продолжается в течение 204–215 дней [2].

Цель исследования

Research objective

Обеспечение безопасности дорожного движения, направленной на снижение аварийности и травматизма населения в результате дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах и городских улицах является одной из основных задач на сегодняшний день для балансодержателей автомобильных дорог и Госавтоинспекции.

Движение автомобильного транспорта и безопасное регулирование транспортных потоков по городским улицам с усовершенствованным типом покрытия является сложной задачей, особенно в условиях 1-ой дорожно-климатической зоны, где преимущественно много тумана и снежных осадков.

Зимний период в городе Якутске составляет 7 месяцев, это обуславливает важность повышения уровня безопасности движения на городских улицах и их зимнего содержания.

Одной из задач зимнего содержания в городских условиях является борьба с зимней скользкостью для безопасного передвижения участников дорожного движения. Зимняя скользкость на городских улицах является наиболее опасным фактором, ухудшающим условия дорожного движения и способствующим увеличению вероятности появления дорожно-транспортных происшествий.

Решение проблемы зимней скользкости в условиях города включает в себя использование эффективных противогололедных материалов для дорожного покрытия.

Для этого необходимо провести исследование противогололедных материалов для повышения безопасности дорожного движения в условиях 1-ой дорожно-климатической зоны. Задачами данного исследования являются: определить экспериментальные-опытные участки городских улиц, определить противогололедные материалы для проведения исследования, провести экспериментальную работу на улицах города Якутска в течение ряда лет и провести мониторинговую работу.

Методы и материалы

Methods and materials

С каждым годом количество водителей и машин увеличивается, соответственно идет рост интенсивности движения. В Республике Саха (Якутия) количество собственных легковых автомобилей на 1 000 человек населения составляет 229,2 единиц (по состоянию на конец 2022 г.). В 2022 г. всего по республике зарегистрировано 229 218 единиц легковых автомобилей, показатель в два раза, превышающий данные 2000 г. — 111 700 единиц (рис. 1).

На фоне автомобилизации населения идет и рост дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Наиболее распространенной причиной совершения ДТП на дорогах в зимний период являются плохая видимость на дороге (густой туман, выхлопные газы от большегрузов, выпадение снега), скользкость дорожного покрытия, короткий световой день, а также активная автомобилизация населения, разрастающийся парк автомобильного транспорта вызывают аварийность на дорогах.

Рисунок 1. *Количество собственных легковых автомобилей на 1 000 человек населения по Республике Саха (Якутия) 2000–2022 гг. (составлено авторами на основе статистических данных УГИБДД по Республике Саха (Якутия)*

Figure 1. *Number of personal passenger cars per 1 000 person of population in the Republic of Sakha (Yakutia) 2000–2022 (compiled by the authors based on the statistical data of the Department of Road Safety and Traffic Safety of the Republic of Sakha (Yakutia))*

Согласно статистике ГИБДД РС(Я) в г. Якутск за октябрь 2021 г. и за октябрь 2022 г., в сравнении, (рис. 2) на перекрёстках наблюдается уменьшение количества ДТП.

Республика Саха (Якутия), г. Якутск, окт 2021-окт 2022

№ п/п	Дата ДТП	Район	Вид ДТП	Адрес	Погибло	Ранено	Кол-во ТС	Кол-во участников
1	28.10.2022	Якутск и пригород	Наезд на пешехода	г Якутск ул Лермонтова Свердлова	0	1	1	2
2	27.10.2022	Якутск и пригород	Столкновение	г Якутск ул Лермонтова Дзержинского	0	2	2	4
3	24.10.2022	Якутск и пригород	Столкновение	г Якутск ул Ойунского Петровского	0	5	2	6
4	23.10.2022	Якутск и пригород	Наезд на препятствие	г Якутск ул Хабарова Ярославского ул	0	1	1	1
5	06.10.2022	Якутск и пригород	Столкновение	г Якутск ул Дзержинского строителей	0	4	2	4
6	04.10.2022	Якутск и пригород	Наезд на пешехода	г Якутск ул Ярославского Кирова	0	1	1	2
1	30.10.2021	Якутск и пригород	Наезд на пешехода	г Якутск ул Ойунского Каландаришвили	0	1	1	2
2	25.10.2021	Якутск и пригород	Столкновение	г Якутск ул Дзержинского 50 лет Октября	0	1	2	2
3	25.10.2021	Якутск и пригород	Наезд на пешехода	г Якутск тракт Вилюйский 87 3 Бекетова ул	0	1	1	2
4	23.10.2021	Якутск и пригород	Наезд на пешехода	г Якутск ул Окружная дорога 7 Объездное шоссе	1	0	1	2
5	12.10.2021	Якутск и пригород	Столкновение	г Якутск тракт Вилюйский 4 км круг	0	1	2	3
6	10.10.2021	Якутск и пригород	Наезд на пешехода	г Якутск ул Орджоникидзе Аммосова	0	1	1	2
7	07.10.2021	Якутск и пригород	Наезд на пешехода	г Якутск ул Курашова №83 по ул. Стадухина	0	1	1	2
8	06.10.2021	Якутск и пригород	Столкновение	г Якутск ул Богдана Чижика Федора Попова	0	1	2	3
9	04.10.2021	Якутск и пригород	Столкновение	г Якутск ул Хабарова Проспект Ленина	0	1	2	3
10	04.10.2021	Якутск и пригород	Столкновение	г Якутск ул Дзержинского Строителей	0	3	2	3
11	01.10.2021	Якутск и пригород	Столкновение	г Якутск ул Автодорожная 38 35	0	1	2	3

Рисунок 2. *Количество ДТП на перекрёстках за период октябрь 2021 — октябрь 2022 гг. (составлено авторами на основе статистических данных УГИБДД по Республике Саха (Якутия)*

Figure 2. *Number of road accidents at intersections for the period of October 2021 — October 2022 (compiled by the authors based on the statistical data of the Department of Road Safety and Traffic Safety of the Republic of Sakha (Yakutia))*

Рисунок 3. *Количество ДТП в г. Якутск за IV квартал 2021 г. (составлено авторами на основе статистических данных УГИБДД по Республике Саха (Якутия)*

Figure 3. *Number of road accidents in Yakutsk for the IV quarter of 2021 (compiled by the authors based on the statistical data of the Department of Road Safety and Traffic Safety of the Republic of Sakha (Yakutia))*

Рисунок 4. *Количество ДТП в г. Якутск за I квартал 2022 г. (составлено авторами на основе статистических данных УГИБДД по Республике Саха (Якутия)*

Figure 4. *Number of road accidents in Yakutsk for the first quarter of 2022 (compiled by the authors based on the statistical data of the Department of Road Safety and Traffic Safety of the Republic of Sakha (Yakutia))*

Как видно из графиков (рис. 3–6), по статистике ГИБДД общее количество ДТП на улицах г. Якутска не изменилось, по сравнению с аналогичным прошлым зимним периодом.

Рисунок 5. *Количество ДТП в г. Якутск за IV квартал 2022 г. (составлено авторами на основе статистических данных УГИБДД по Республике Саха (Якутия)*

Figure 5. *Number of road accidents in Yakutsk for the IV quarter of 2022 (compiled by the authors based on the statistical data of the Department of Road Safety and Traffic Safety of the Republic of Sakha (Yakutia))*

Рисунок 6. *Количество ДТП в г. Якутск за I квартал 2023 г. (составлено авторами на основе статистических данных УГИБДД по Республике Саха (Якутия)*

Figure 6. *Number of road accidents in Yakutsk for the first quarter of 2023 (compiled by the authors based on the statistical data of the Department of Road Safety and Traffic Safety of the Republic of Sakha (Yakutia))*

С каждым годом количество машин и интенсивность движения растет. Следовательно, растет количество ДТП.

Как указано выше, наиболее распространенными причинами совершения ДТП на дорогах в зимний период являются плохая видимость на дороге (густой туман, выхлопные газы от большегрузов, выпадение снега), скользкость, короткий световой день. В рамках данного исследования за основной фактор, влияющий на аварийность на улицах г. Якутска, назначен показатель — зимняя скользкость.

Зимняя скользкость является одним из опасных факторов, ухудшающим условия дорожного движения и способствующим увеличению вероятности появления ДТП [1].

Эффективными способами борьбы с зимней скользкостью являются применение по дорожному покрытию противогололедных материалов (ПГМ) и улучшение качества выполнения работ по зимнему содержанию [1].

В крупных городах центральной части России в основном используют соль ($NaCl$), а также пескосоляную смесь, которые эффективно работают с учетом географического расположения и климатических условий этих районов. Соляные реагенты в условиях низких температур Республики Саха (Якутия) не могут работать эффективно, так как не подходят по температурному режиму. Ввиду этого поиск подходящих противогололедных материалов для условий Республики Саха (Якутия), в частности для города Якутска является целью исследования.

В статье рассмотрены наиболее подходящие противогололедные материалы, применяемые в условиях г. Якутска для I-ой дорожно-климатической зоны. В рамках исследования были изучены фрикционные противогололедные материалы, такие как речной песок и щебень мелкой фракции 3×10 мм.

Существуют различные ПГМ, которые могут отличаться в зависимости от вида, от агрегатного состояния, от состава, от способа использования, от нормы расхода и прочих показателей. Тем не менее, в зависимости от принципа их действия все противогололедные материалы можно разделить на три большие группы [3].

Фрикционные — такие материалы, делают скользкую поверхность более шероховатой, увеличивая сцепление с поверхностью, повышая коэффициент трения [3].

Самые распространенные представители фрикционных противогололедных материалов: песок, отсев, каменная крошка, песчано-щебеночная смесь (ПЩС), песчано-гравийная смесь (ПГС) (рис. 7–10) [3].

Рисунок 7. *Речной песок с накопителя «Патриот» (фотографии сделаны авторами в лаборатории кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»)*

Figure 7. *River sand from the «Patriot» accumulator (photos taken by the authors in the laboratory of the Department of Motorways and Aerodromes)*

Рисунок 8. *Песок из отсевов дробления из карьера «Мохсоголлоох» (фотографии сделаны авторами в лаборатории кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»)*

Figure 8. *Sand from crushing siftings from «Mokhsogollooh» open pit mine (photos taken by the authors in the laboratory of the Department of Automobile Roads and Aerodromes)*

Рисунок 9. *Песчано-щебеночная смесь из карьера «Мохсоголлоох» (фотографии сделаны авторами в лаборатории кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»)*

Figure 9. *Sand and crushed stone mix from the «Mokhsogollooh» open pit mine (photos taken by the authors in the laboratory of the Department of Roads and Aerodromes)*

Рисунок 10. *Песчано-гравийная смесь с накопителя «Речпорт» (фотографии сделаны авторами в лаборатории кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»)*

Figure 10. *Sand and gravel mix from the «Rechport» accumulator (photos taken by the authors in the laboratory of the Department of Roads and Aerodromes)*

Химические — это материалы, которые разрушают лёд, вступая в химическую реакцию. При этом лёд переходит в жидкое состояние, благодаря этому ранее плотную скользкую снежную массу становится легко убрать с дорог и пешеходных дорожек [3].

К химическим ПГМ относятся хлориды, нитраты, ацетаты и т. д. [3].

Рисунок 11. *Техническая натриевая соль (фотографии сделаны авторами во время командировки)*

Figure 11. *Technical-grade sodium salt (photos taken by the authors during the business trip)*

Комбинированные — эта группа, которая состоит из фрикционных и химических ПГМ. Они и делают скользкие дороги шероховатыми, и одновременно плавят лед [3].

К комбинированным противогололедным реагентам относят: пескосоляную смесь или пескосоль — смесь песка и технической соли [3].

В других странах, в Австрии, Финляндии, Германии в качестве противогололедного материала используют фрикционный метод, смешивая каменную крошку и песок. Этот метод является более экологичным, но недостаток в том, что эта смесь долго не держится на дорогах и тротуарах [4].

Рисунок 12. *Пескосоляная смесь*
(фотографии сделаны авторами во время командировки)

Figure 12. *Salt-sand mix (photos taken by the authors during the business trip)*

В Соединенных Штатах Америки, Канаде применяется обработка при помощи хлорида магния ($MgCl_2$). Недостатком является сильная коррозия металлов [4].

В Швеции используют горячий песок, как противогололедный материал, смешивая песок с горячей водой. Так же, как и все фрикционные материалы, песок делает дорогу шероховатой и достаточно долго держится на дорожном покрытии [4].

В Японии все силы по борьбе с зимней скользкостью стараются направить на уменьшение накопления снега на дорогах путем разработки и внедрения снегозадерживающих устройств. Основными показателями эффективности таких устройств являются объем снегоотложений, масса снегозадержания в единицу времени, форма и размер снегоотложений с подветренной и наветренной сторон преград [5].

Наряду со снегозадерживающими устройствами в Японии широко применяют покрытия с противогололедными свойствами. Запрет на использование шипованных шин в 1991 году поспособствовал распространению данного метода борьбы со скользкостью в Японии. Противогололедные свойства покрытия достигаются двумя способами: добавлением хлористых солей с адсорбентами в асфальтобетонную смесь, в результате чего лед на поверхности тает под действием хлоридов, и добавлением в асфальтобетонную смесь эластичных материалов, например, резиновой крошки [5].

В Финляндии и Дании на городских улицах и дорогах оставляют тонкий (2–3 см) слой снега на поверхности покрытия. Сверху насыпают гранитную или мраморную крошку и плотно укатывают. В ряде случаев на поверхность дороги выливают специальную смесь из воды и щебня. В итоге образуется покрытие, напоминающее наждачную бумагу, которая увеличивает сцепление. Весной каменную крошку собирают специальной техникой, а в следующем году снова используют [5].

В России в основном используют соль (NaCl), а также пескосоляную смесь. Такие ПГМ относительно не дорого стоят по сравнению с другими. Но имеют массу недостатков: частицы соли способствуют быстрой коррозии металла; песок, засоряет ливневые каналы, водостоки и системы водоотведения, разносится ветром в виде пыли и грязи. В крупных городах России стараются меньше использовать такой метод [2; 6].

Противогололедные мероприятия являются одним из основных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения в зимний период. Целью исследования является сравнение и подбор наиболее эффективного противогололедного материала для условий г. Якутска, в I-й дорожно-климатической зоне и зоне распространения криолитозоны.

Исследование противогололедных материалов для повышения безопасности дорожного движения в условиях 1-й ДКЗ

Deicing agents study for improving road safety in the conditions of the 1st road building climatic zone

Городской округ «Город Якутск» расположен в Центральной Якутии на левобережье реки Лена. Морфология района определяется его приуроченностью к речной долине (урочищу) «Туймаада» [7]. Территориально район находится в юго-западной части Центрально-Якутской равнины Рельеф равнинный, эрозионно-аккумулятивного типа [7].

Климат резко континентальный с ярко выраженными антициклональными условиями погоды, резкой сменой сезонов, высокой инсоляцией в летний период, жарким летом, очень морозной сухой безоблачной зимой [7].

Минимальная зимняя температура минус 56–58°C. Максимумы летней — 38–39°C Среднегодовая температура — минус 39,1°C. По природно-климатическим условиям район относится к северной строительно-климатической зоне с наиболее суровыми условиями, климатический подрайон IA [7]. Зима продолжается в течение 204–215 дней [7].

В ходе экспериментальной работы с октября 2021 года по апрель 2023 года было проведено четыре опыта на улицах города Якутска. Данные исследования по речному песку и щебню представлены в таблице 1 совместно с данными по реагентам с соляными добавками.

В октябре 2021 года эксперимент проводился на улице Лермонтова, с подсыпкой противогололедного материала — песок. Также песок еще применялся на круговом движении улицы Дзержинского.

Во второй части эксперимента с октября 2022 года по улице Лермонтова в качестве противогололедного материала начал применяться щебень фракции 3×10 мм, на круговом движении улицы Дзержинского также в роли ПГМ применялся щебень.

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная таблица некоторых реагентов

Comparative table of some reagents

Состав реагента *Reagent composition*	Песок + соль (пескосоляная смесь) *Sand + salt (sand-salt mix)*	Хлористый натрий + хлористый кальций *Sodium chloride + calcium chloride*	Техническая соль *Technical-grade salt*	Кальций + натрий модифицированный *Calcium + sodium modified*	Натрий + ингибиторы коррозии *Sodium + corrosion inhibitors*	Щебень *Crushed stone*
Температура, при котором эффективен реагент *Reagent effectiveness temperature*	До -12°С *Up to -12°C*	До -25°С *Up to -25°C*	До -10°С *Up to -10°C*	До -25°С *Up to -25°C*	До -30°С *Up to -30°C*	Нет ограничений *No restrictions*
Характер воздействия *Nature of the effect*	Соль плавит лед, а песок делает поверхность шероховатой *Salt melts ice and sand makes the surface rough*	Размягчает ранее плотную снежную массу, при этом, после можно легко убрать *Softens previously dense snow mass and can be easily removed afterwards*	Также, как и предыдущий реагент. Средний расход материала для удаления льда толщиной 5 мм — 70 г/кв. м *Same as the previous reagent. Average consumption of the material for deicing 5 mm thick — 70 g/sq. m*	Полная растворяемость в ледовой корке или в снежной насыпи, вступает в химические реакции с наледью. Реагент пожаро- и взрывоопасен, при этом безвреден для людей и животных *Fully soluble in ice crust or in snow banks, reacts chemically with ice. The reagent is fire and explosion hazardous, but harmless to humans and animals*	В составе химические соединения, препятствующие разрушению металлических поверхностей *It contains chemical compounds that prevent the destruction of metal surfaces*	Улучшает сцепление с дорогой делая дорогу шероховатой *Improves traction by making the road rough*

Составлено авторами / Compiled by the authors

Реагенты, которые представлены на таблице 1, кроме щебня, в условиях Республики Саха (Якутия)» не подходят по температурному режиму, ввиду этого малоэффективны.

В г. Якутске эксплуатирующей организацией улично-дорожной сети противогололедным материалом применяется речной песок.

Речной песок добывается и доставляется собственными силами подрядной организации, занимающейся содержанием улично-дорожной сети г. Якутска. В карьере «Даркылаах» за летнее время, до наступления зимнего периода заготавливается более 40 000 м^3 противогололедных материалов. По мере необходимости в течение зимнего периода материалы подвозятся на накопитель подрядной организации.

 2023, Том 10, № 3
2023, Vol. 10, Iss. 3
ISSN 2413-9807
https://t-s.today

Распределение по проезжей части противогололедных материалов производится после удаления снежного покрова с покрытия дорожного полотна. Обработка покрытия проезжей части автомобильной дороги и городских улиц речным песком и щебнем производится механизированным способом при помощи дорожной комбинированной машины со специальным распределительным устройством.

Речной песок относится к фрикционным ПГМ. Как отмечено ранее, как и все фрикционные ПГМ, делает скользкую поверхность шероховатой, увеличивая сцепление с ней.

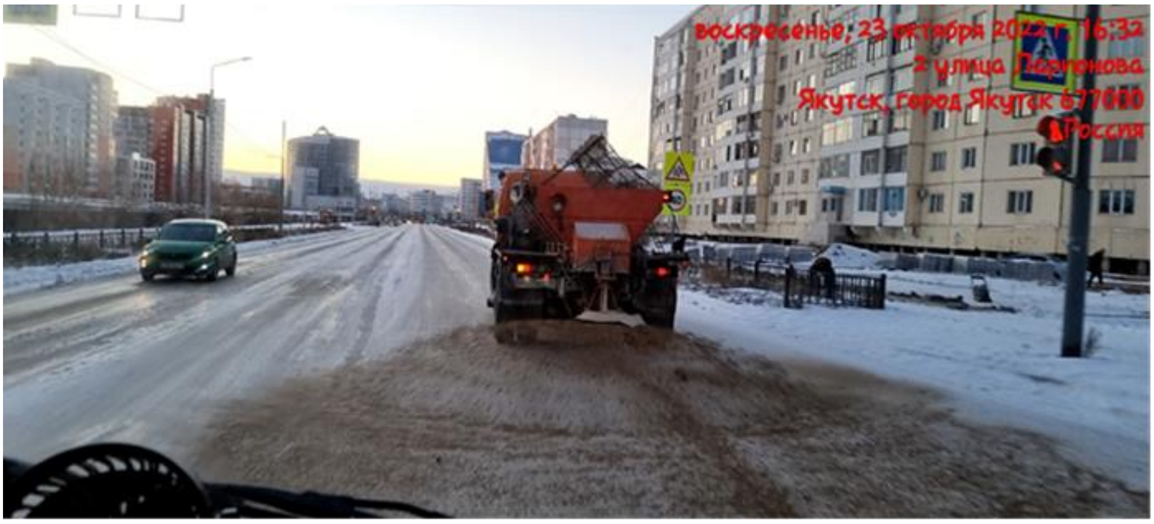

Рисунок 13. *Противогололедные мероприятия речным песком г. Якутск (фотографии сделаны авторами во время проведения эксперимента)*

Figure 13. *Sleet-proof measures with river sand in Yakutsk (photos taken by the authors during the experiment)*

Песок не является 100 % экологически чистым продуктом для человека, из-за своей пылеватости и создаваемой пыли в городской среде с учетом автомобилизации и засоренных ливневых колодцев, водостоков и систем водоотведения. Песок разносится ветром и является выделяющим пыль источником в городе, которым дышит местное население в теплое время года.

До 2022 года на территории города Якутска применялся речной песок, как противогололедный материал. Ежегодно на улично-дорожной сети города Якутска ориентировочно службой эксплуатации городского хозяйства подсыпается 36 990 м^3 речного песка.

Основным минусом использования речного песка в г. Якутске является пыль. Это приводит к поиску новых эффективных, экологически чистых противогололедных материалов без последствий для окружающей среды и человека [2; 8–10].

С конца 2022 года в поисках альтернативного противогололедного материала, в качестве эксперимента используют щебень мелкой фракции 3×10 мм. Было подсыпано 35 755 м^3 речного песка и 3 005 м^3 щебня фракции 3×10 мм. Начали эксперимент с подсыпки круговых развязок г. Якутска.

Стоимость речного песка в 2022 году за м^3 составило 698,86 руб. Это 35 755×698,86 = 24 987 739,3 руб. Стоимость щебня фракции 3×10 мм за м^3 было 2 270 руб. 3 005×2 270 = 6 821 350 руб.

В 2023 году, включительно апрель, подсыпано 2 950 м^3 речного песка и 5 770 м^3 щебня фракции 3×10 мм.

В 2023 году стоимость речного песка составляет 838,63 руб. за м^3, а щебень фракции 3×10 мм — 2 996,54 руб. за м^3. Следовательно, речной песок 2 950×838,63 руб. = 2 473 958,5 руб., щебень 3×10 мм 5 770×2 726,85 руб. = 15 733 924,5руб.

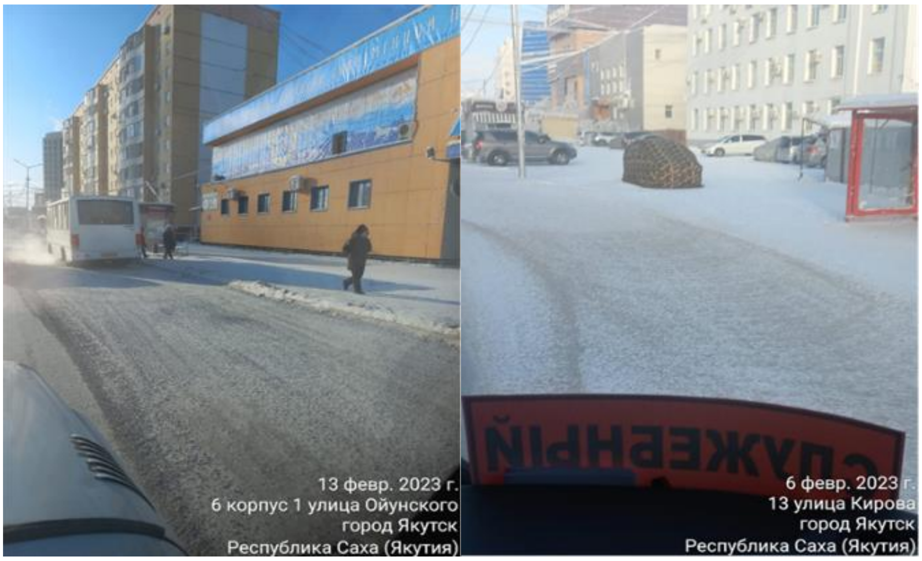

Рисунок 14. *Противогололедные мероприятия щебнем фракции 3×10 мм г. Якутск (фотографии сделаны авторами во время проведения эксперимента)*

Figure 14. *Sleet-proof measures with crushed stone of 3×10 mm fraction Yakutsk (photos taken by the authors during the experiment)*

В сравнении с другими противогололедными реагентами щебень является природным материалом, который изготавливается путём дробления горной породы, поэтому не вредит окружающей среде и безопасен для животных, не вызывает коррозию автомобилей.

Щебень — прочный и устойчивый материал, который можно использовать несколько раз, так как он сохраняет свои свойства, не горит и не растворяется с другими реагентами.

После распределения по дорожному покрытию, щебень в отличие от песка значительно долго держится.

Щебнем можно пользоваться в любую погоду, он не смерзается.

Для повторного использования щебень можно собрать с дороги, произвести очистку и промывку от посторонних примесей.

При использовании щебня в качестве противогололедного материала встретились с рядом проблем: во-первых, засоряет ливневые каналы; во-вторых, дополнительные затраты и трудности при уборке с поверхности дороги и с зеленых насаждений.

Заключение

Conclusion

Противогололедные мероприятия являются одним из основных мероприятий по безопасности дорожного движения в зимний период. Зимний период в Республике Саха (Якутия) составляет 7 месяцев, это обуславливает важность повышения уровня безопасности движения на автомобильных дорогах и городских улицах и их зимнего содержания.

В статье рассмотрены наиболее подходящие противогололедные материалы, применяемые в г. Якутске для I-ой дорожно-климатической зоны. В рамках исследования были изучены фрикционные противогололедные материалы, такие как речной песок и щебень мелкой фракции 3×10 мм.

В первой части экспериментальной работы на улицах города Якутска с октября 2021 года по апрель 2022 года было выявлено, что отрицательной стороной использования речного песка является пыль. Это приводит к поиску новых эффективных, экологически чистых противогололедных материалов без последствий для окружающей среды и жителей города.

Во второй части экспериментальной работы с октября 2022 года по апрель 2023 года, на опытных участках улично-дорожной сети г. Якутска, в качестве противогололедного материала начали подсыпать щебень фракции 3×10 мм. По сравнению с другими противогололедными реагентами щебень является природным материалом, который изготавливается путём дробления горной породы, вследствие чего не вредит окружающей среде, безопасен для животных, не вызывает коррозию транспорта и выделяет меньшее количество пыли.

После распределения по дорожному покрытию, щебень в отличие от песка значительно долго держится. Щебнем можно пользоваться в любую погоду, он не смерзается с ледяным покровом, который образуется на поверхности дорожного покрытия.

Щебень — прочный и устойчивый материал, который можно использовать несколько раз, так как он сохраняет свои свойства, не горит и не растворяется с другими реагентами.

При этом опыты показали, что использование щебня в качестве противогололедного материала не является совершенным материалом, который имеет так же ряд недостатков в виде засоров ливневых каналов, дополнительных затрат и трудностей при уборке с дороги и с зеленых насаждений.

Борьба с зимней скользкостью и применение противогололедных материалов является одним из мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, которое требует дальнейшего изучения и продолжение научного исследования противогололедных материалов в условиях г. Якутска.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Вайс, К.Е.** Совершенствование содержания автомобильных дорог и безопасность движения / К.Е. Вайс, В.С. Слабиков // Февральские чтения: Сборник материалов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Сыктывкарского лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2014 году. Научное электронное издание, Сыктывкар, 17–20 февраля 2015 года / Ответственный редактор Е.В. Хохлова Сыктывкар: Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», 2015. — С. 146–154. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=27243680. — EDN WYENAL. (дата обращения: 20.07.2023).
2. Методические аспекты оценки фитотоксических свойств противогололедных реагентов / А.В. Сбитнев, М.А. Водянова, И.А. Крятов [и др.]. — DOI https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-8-773-778 // Гигиена и санитария. — 2016. — Т 95. — № 8. — С. 773–778. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26636972. — EDN WKXIBF. (дата обращения: 20.07.2023).
3. **Дудин, В.М.** Повышение безопасности дорожного движения в зимних условиях / В.М. Дудин, А.А. Курныгина. — DOI https://doi.org/10.52957/27821919_2022_1_58 // Умные композиты в строительстве. — 2022. — Т 3. — № 1. — С. 58–72. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=48416843. — EDN HDSYGK. (дата обращения: 20.07.2023).
4. **Дудин, В.М.** Зимнее содержание автомобильных дорог / В.М. Дудин, А.А. Игнатьев. — Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2019. — 211 с.
5. **Васильев, А.П.** Анализ современного зарубежного опыта зимнего содержания дорог и разработка предложений по его использованию в условиях России / А.П. Васильев, В.В. Ушаков. — М.: Информавтодор, 2003. — 60 с.
6. **Дудин, В.М.** Повышение безопасности асфальтобетонного покрытия / В.М. Дудин, А.Э. Окутин, Н.С. Смекалов. — DOI https://doi.org/10.52957/27821919_2021_2_56 // Умные композиты в строительстве. — 2021. — Т 2. — № 2. — С. 56–63. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46423350. — EDN TFBLEF. (дата обращения: 20.07.2023).
7. **Панков, В.Ю.** Новая методика расчёта нагрузки на дорожное полотно / В.Ю. Панков. — DOI https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-1-10 // Мир транспорта. — 2022. — Т 20. — № 1. — С. 81–95. — URL: https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/2261. — EDN NODRRT. (дата обращения: 20.07.2023).
8. Эколого-гигиенические проблемы применения противогололёдных реагентов в условиях крупного мегаполиса (на примере территории города Москвы) / А.Г. Малышева, О.В. Шелепова, М.А. Водянова [и др.]. — DOI https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1032-37 // Гигиена и санитария. — 2018. — Т 97. — № 11. — С. 1032–1037. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36552146. — EDN YPXHUD. (дата обращения: 20.07.2023).

9. Экспериментальная оценка показателей водной миграции противогололёдных материалов / О.В. Ушакова, М.А. Водянова, Л.Г. Донерьян [и др.]. — DOI https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1380-1384 // Гигиена и санитария. — 2019. — Т 98. — № 12. — С. 1380–1384. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=41661864. — EDN MFRFFU. (дата обращения: 20.07.2023).

10. Методические подходы к обоснованию гигиенических требований к применению противогололедных материалов / И.А. Крятов, Н.И. Тонкопий, М.А. Водянова [и др.] // Гигиена и санитария. — 2014. — Т 93. — № 6. — С. 52–54. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=22804041. — EDN TFANWZ. (дата обращения: 05.08.2023).

11. **Бабков, В.Ф.** Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. — М.: Транспорт, 1982. — 270 с.

12. **Букатов, Д.С.** Зимняя скользкость и методы ее ликвидации / Д.С. Букатов, Н.А. Ермошин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — 2013. — Т 3. — С. 37–47. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=19138948. — EDN QCVGNV. (дата обращения: 05.08.2023).

13. **Васильев, А.П.** Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях / А.П. Васильев. — М.: Транспорт, 1976. — 224 с.

14. **Лукьянов, В.В.** Безопасность дорожного движения / В.В. Лукьянов. — М.: Транспорт, 1978. — 247 с.

15. **Макеева, Д.А.** Повышение уровня экологической безопасности путём повторного использования противогололёдных фрикционных материалов / Д.А. Макеева, А.К. Кралин. — DOI https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/112-122 // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. — 2022. — № 1. — С. 112–122. — URL: https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/1-50/12/. — EDN EODAMW. (дата обращения: 05.08.2023).

16. **Никитин, А.А.** Противогололедные материалы. В поисках компромисса / А.А. Никитин // Башкирский экологический вестник. — 2013. — № 3-4. — С. 33–35. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25721788. — EDN VQWPVJ. (дата обращения: 05.08.2023).

17. **Сакута, Н.Б.** Формирование концептуальной модели организации работ по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах / Н.Б. Сакута, Ю.В. Коденцева, И.Н. Гайнулина. — DOI https://doi.org/10.26518/2071-7296-2016-3(49)-80-86 // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2016. — № 3. — С. 80–86. — URL: https://vestnik.sibadi.org/jour/article/view/320. — EDN VYWMOB. (дата обращения: 05.08.2023).

18. **Сютова, Е.А.** Сравнительное испытание новых противогололедных материалов различного состава / Е.А. Сютова, Н.М. Алыков // Экология и промышленность России. — 2012. — № 2. — С. 47–51. — URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=17635136. — EDN OVXQUP. (дата обращения: 05.08.2023).

19. **Пономарева, Е.** Факторы, влияющие на смертность в ДТП / Е. Пономарева, А. Савина. — DOI https://doi.org/10.18288/1994-5124-2022-4-128-153 // Экономическая политика. — 2022. — Т 17. — № 4. — С. 128–153. — URL: https://ecpolicy.ru/home/archive/2022/633421/#633419. — EDN CMLYPU. (дата обращения: 05.08.2023).

Сведения об авторах:
Копылов Сергей Вадимович — кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Автомобильные дороги и аэродромы», ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, Россия, e-mail: kopylovsergey@inbox.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9776-360X

Николаева Нария Петровна — ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, Россия, e-mail: naryanik@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-4485-0060

Статья получена: 18.08.2023. Принята к публикации: 08.12.2023. Опубликована онлайн: 24.12.2023.

REFERENCES

1. Vays K.E., Slabikov V.S. [Improving road maintenance and traffic safety]. In: [*February readings: Collection of materials from the scientific and practical conference of the teaching staff of the Syktyvkar Forestry Institute based on the results of research work in 2014. Scientific electronic publication, Syktyvkar, February 17–20, 2015*]. Syktyvkar: St. Petersburg State Forest Technical University; 2015. p. 146–154. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=27243680 (accessed 20th July 2023). (In Russ.).

2. Sbitnev A.V., Vodyanova M.A., Kryatov I.A. et al. Methodological Aspects of The Assessment of Phytotoxicic Properties of Ice-Melter Reagents. *Hygiene and Sanitation*. 2016; 95(8): 773–778. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-8-773-778.

3. Dudin V.M., Kurnygina A.A. Improving road safety in winter conditions. *Smart Composite in Construction*. 2022; 3(1): 58–72. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: https://doi.org/10.52957/27821919_2022_1_58.

4. Dudin V.M., Ignat'yev A.A. Zimneye soderzhaniye avtomobil'nykh dorog [Winter maintenance of roads]. Yaroslavl: Yaroslavl State Technical University; 2019. (In Russ.).

5. Vasil'yev A.P., Ushakov V.V. Analiz sovremennogo zarubezhnogo opyta zimnego soderzhaniya dorog i razrabotka predlozheniy po ego ispol'zovaniyu v usloviyakh Rossii [Analysis of modern foreign experience in winter road maintenance and development of proposals for its use in Russian conditions]. Moscow: Informavtodor; 2003. (In Russ.).

6. Dudin V.M., Okutin A.E., Smekalov N.S. Improving the Safety of Asphalt Pavement. *Smart Composite in Construction*. 2021; 2(2): 56–63. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: https://doi.org/10.52957/27821919_2021_2_56.

7. Pankov V.Yu. New Procedure to Calculate the Load on the Roadway. *World of Transport and Transportation*. 2022; 20(1): 81–95. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-1-10.

8. Malysheva A.G., Shelepova O.V., Vodyanova M.A. et al. Ecological and Hygienic Problems of The Application of Anti-Icing Agents in A Large Metropolis (For Example, The Territory of Moscow). *Hygiene and Sanitation*. 2018; 97(11): 1032–1037. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1032-37.

9. Ushakova O.V., Vodyanova M.A., Donerian L.G. et al. Experimental Evaluation of The Migration of Anti-Icing Materials into The Water. *Hygiene and Sanitation*. 2019; 98(12): 1380–1384. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1380-1384.

10. Kryatov I.A., Tonkopiy N.I., Vodyanova M.A. et al. Methodical Approaches to The Substantiation of Hygienic Requirements for The Application of Deicing Materials. *Hygiene and Sanitation*. 2014; 93(6): 52–54. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=22804041 (accessed 5th August 2023). (In Russ., abstract in Eng.).

11. Babkov V.F. Dorozhnyye usloviya i bezopasnost' dvizheniya [Road conditions and traffic safety]. Moscow: Transport; 1982. (In Russ.).

12. Bukatov D.S., Ermoshin N.A. [Winter slipperiness and methods for its elimination]. [*Modernization and scientific research in the transport complex*]. 2013; 3: 37–47. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=19138948 (accessed 5th August 2023). (In Russ.).

13. Vasil'yev A.P. Sostoyaniye dorog i bezopasnost' dvizheniya avtomobiley v slozhnykh pogodnykh usloviyakh [Road condition and vehicle safety in difficult weather conditions]. Moscow: Transport; 1976. (In Russ.).

14. Luk'yanov V.V. Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya [Road safety]. Moscow: Transport; 1978. (In Russ.).

15. Makejeva D., Kralin A. Ensuring environmental safety through the reuse of anti-icing friction materials. *FEFU: School of Engineering Bulletin*. 2022; (1): 112–122. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: https://doi.org/10.24866/2227-6858/2022-1/112-122.

16. Nikitin A.A. Deicing Materials. In Search of a Compromise. [Bashkir Ecological Bulletin]. 2013; (3-4): 33–35. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=25721788 (accessed 5th August 2023). (In Russ., abstract in Eng.).

17. Sakuta N.B., Kodentseva Y.V., Gaynulina I.N. Basic principles of forming of conceptual model of organization of works on fight against winter slipperiness on highways. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2016; (3): 80–86. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2016-3(49)-80-86.

18. Syutova E.A., Alykov N.M. Comparative Testing of Novel Anti-Icing Materials of Different Composition. *Ecology and Industry of Russia*. 2012; (2): 47–51. Available at: https://elibrary.ru/item.asp?id=17635136 (accessed 5th August 2023). (In Russ., abstract in Eng.).

19. Ponomareva E., Savina A. Factors Influencing Traffic Accident Mortality. *Economic Policy*. 2022; 17(4): 128–153. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: https://doi.org/10.18288/1994-5124-2022-4-128-153.

Information about the authors:
Sergey V. Kopylov — M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia,
e-mail: kopylovsergey@inbox.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9776-360X

Nariya P. Nikolaeva — M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia,
e-mail: 006641@pnu.edu.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-4485-0060

Submitted: 18th August 2023. Revised: 8th December 2023. Published online: 24th December 2023.