

УДК 625.7/8

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2019.86.2.130

## ВПЛИВ ХЛОРИСТИХ ПРОТИОЖЕЛЕДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД

Сєдов А. В.<sup>1</sup>, Фоменко О. О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** Зимовий період відрізняється великою кількістю дорожньо-транспортних пригод, причиною виникнення яких є слизьке дорожнє покриття. В Україні для захисту використовують традиційні протиожеледні матеріали. У статті розглядаються можливі післядії застосування хлористих протиожеледних матеріалів, які використовують для зниження зчїпних характеристик покриття у разі утворенні на ньому плівки розчину реагенту після оброблення. Саме цей розчин згладжує природний мікропрофіль покриття, знижуючи цим коефіцієнт зчеплення. Погодні умови також змінюють значення коефіцієнта зчеплення дорожніх покриттів, зволжених реагентами: під час зниження температури повітря значення коефіцієнта будуть зменшуватися через збільшення в'язкості реагентів.

**Ключові слова:** зимова слизькість, хлористі протиожеледні матеріали, дорожні покриття, коефіцієнт зчеплення.

### Вступ

Основним завданням дорожніх експлуатаційних організацій є забезпечення безпечного та безперебійного руху транспортних засобів в будь-який період року і доби. У зимовий період (в Україні він триває від 120 до 130 днів) негативно впливати на цей процес можуть метеорологічні явища, зокрема утворення ожеледі на поверхні автомобільної дороги, випадання рясних опадів у вигляді снігу тощо. Сніг випадає на всій території України, висота снігового покриву становить в середньому 10–30 см, а в до 40 см.

### Аналіз публікацій

Зима від інших пір року відрізняється великою кількістю дорожньо-транспортних пригод [1]. Причиною їх виникнення є слизьке дорожнє покриття, а також інші чинники, зокрема погана видимість [1]. Під час ожеледиці керованість транспортним засобом порушується, внаслідок чого відбуваються дорожньо-транспортні пригоди, інколи з людськими жертвами [3]. У період ожеледиці на дорозі кількість дорожніх пригод і жертв різко зростає, досягаючи 70 % від річної кількості, що в абсолютних цифрах досягає значних розмірів [4–7].

Пік аварійності припадає на дні, коли починаються хуртовини. Ожеледиця на дорозі, покрита шаром снігу, не дає водіям адекватно оцінити стан дорози. Таким чином, приблизно 50 % аварій відбуваються через зіткнення транспортних засобів або близько 40 % завершується наїздом на пішоходів [2].

Виникнення зимової слизькості призводить до істотного зниження зчїпних характеристик покриття, що і є причиною зниження рівня безпеки руху та зростання ДТП (табл. 1). Однією з основних проблем зимового утримання є ліквідація та попередження зимової слизькості.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнта зчеплення залежно від стану і виду дорожнього покриття

Асфальтобетон, цементобетон	сухий	0,7 ÷ 0,8
	мокрый	0,5 ÷ 0,6
	брудний	0,25 ÷ 0,45
	ожеледь	0,09 ÷ 0,10
Ущільнений сніг	з крижаною кіркою	0,12 ÷ 0,15
Ущільнений сніг	без крижаної кірки	0,22 ÷ 0,25
Ущільнений сніг	з крижаною кіркою, після розсипу піску	0,17 ÷ 0,26
Ущільнений сніг	без крижаної кірки, після розсипу піску	0,30 ÷ 0,38

Проблеми боротьби з зимовою слизькістю, як вивченням процесів її утворення та попередження вирішують провідні організації і спеціалісти.

### Визначення мети й завдань

Метою дослідження закономірності зниження зчїпних характеристик дорожнього покриття залежно від властивостей розчинів, що утворюються після застосування хімічних протиожеледних матеріалів.

### Дослідження коефіцієнта зчеплення покриттів, оброблених протижелезедними матеріалами

Як відомо, способами боротьби із зимовою слизькістю є тепловий, фрикційний, механічний, хімічний і комбінований.

Основним способом боротьби із зимовою слизькістю в країнах Північної Європи вважається фрикційний, що дозволяє підвищити шорсткість поверхні автомобільних доріг з ущільненим сніжним покривом шляхом застосування різних природних або штучних абразивних матеріалів. До таких матеріалів належать поширені природні піски, відсівні подрібнення, шлаки тощо. Особливо корисні абразиви на засніженій дорозі в умовах низьких температур, коли хімічні матеріали втрачають свою активність і їх застосування стає неефективним. Основною перевагою фрикційних матеріалів є миттєве підвищення шорсткості сніжно-крижаних відкладень.

Для України така технологія не є ефективною, оскільки клімат характеризується частими і різкими перепадами температури від від'ємних значень до позитивних і навпаки, постійною змінністю циклонів і повітряних мас.

Тому в Україні використовуються традиційні протижелезедні матеріали. Вимоги до яких у багатьох країнах є стандартними: низька температура евтектики, висока плавляча здатність, мінімальний екологічний вплив, низька корозійна активність під час взаємодії з металевими частинами транспорту і дорожніх споруд.

Однак для безпечного і комфортного руху основною вимогою є забезпечення необхідних зчпних якостей покриття.

Існують різні методики оцінювання впливу протижелезедних матеріалів на зчпні якості дорожніх покриттів під час оброблення їх розчином реагенту з метою попередження льодоутворення та боротьби з ним [8, 9].

Завдяки таким дослідженням багатьма фахівцями був зазначений так званий ефект післядії застосування реагенту, який дає істотне зниження головного параметра – коефіцієнта зчеплення. Ефект післядії полягає в зниженні зчпних характеристик покриття у разі утворенні на ньому плівки розчину реагенту після ляння. Поява розчину на дорожньому покритті можлива з різних причин: плівка концентрованого розчину реагенту, що розподіляється у разі активного або попереджувального способу боротьби з зи-

мовою слизькістю, утворення плівки розчину в результаті взаємодії льоду з твердим протижелезедним матеріалом тощо. Величина коефіцієнта зчеплення дорожнього покриття залежить від властивостей розчинів, що утворилися [9].

До протижелезедних матеріалів хлоридної групи, що найчастіше використовуються, належать хлористий натрій, хлористий кальцій і хлористий магній.

За результатами досліджень [8], кількість реагенту, що залишається на покритті, не йде в пори і за рахунок постійної адсорбції вологості з повітря підтримує певну концентрацію розчину (рис. 1).

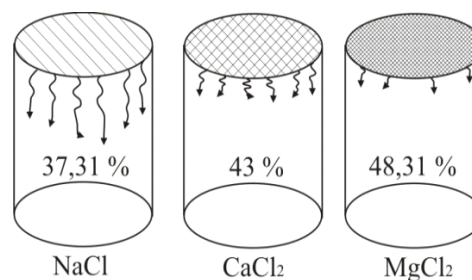


Рис. 1. Кількість розчину, що залишився на поверхні зразків залежно від типу реагенту

Концентрація розчину хлористого натрію, який залишився на покритті, стає набагато меншою, порівняно з початковою. На поверхні залишається близько 37 % від концентрації розподіленого розчину.

Отже, плівка розчину набагато тонша, молекулярних сполук менше і розчин з легкістю йде в пори покриття, тому не настільки сильно впливає на коефіцієнт зчеплення. Концентрація розчину хлористого кальцію зменшується до 43 %.

Найбільша концентрація розчину залишається у хлористого магнію – близько 48 % від вихідної.

Саме цей розчин, згладжує природний мікропрофіль покриття, знижуючи коефіцієнт зчеплення.

У більшості випадків за рівних умов результат однозначний: на гладких дрібношорстких покриттях коефіцієнт зчеплення зазнає істотного зниження (рис. 2–4).

Під час проведення досліджень виявлено, що протижелезедний матеріал MgCl<sub>2</sub> знижує зчпні якості значно більше, ніж інші матеріали, що містять таку ж концентрацію. Це можна пояснити більш істотною відмінністю в терті, оскільки розчин має маслянисті властивості (рис. 4).

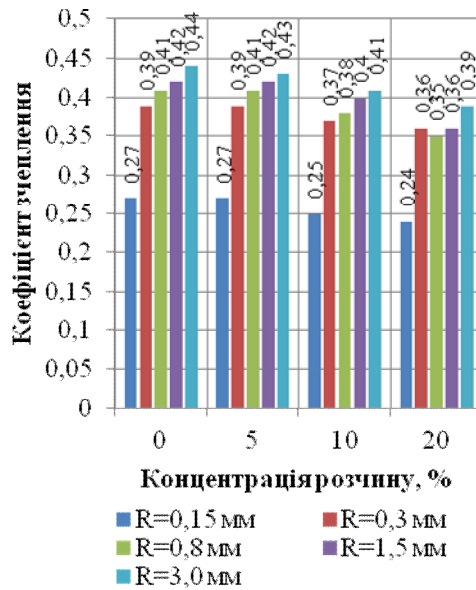


Рис. 2. Залежність коефіцієнта зчеплення від шорсткості покриття і концентрації розчину NaCl

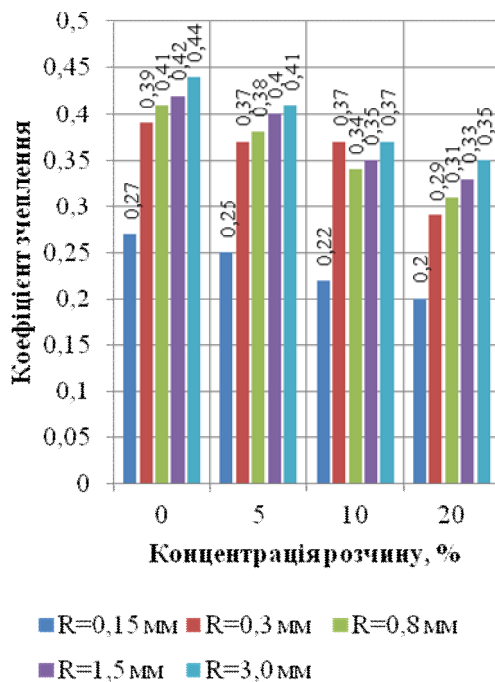


Рис. 3. Залежність коефіцієнта зчеплення від шорсткості покриття і концентрації розчину CaCl<sub>2</sub>

Масність, характерна для цього протижелезедного матеріалу, найбільшою мірою проявляє себе під час превентивного оброблення покриття висококонцентрованими реагентами або після закінченню снігопаду – протягом випаровування водної складової і збільшення щільності реагентів.

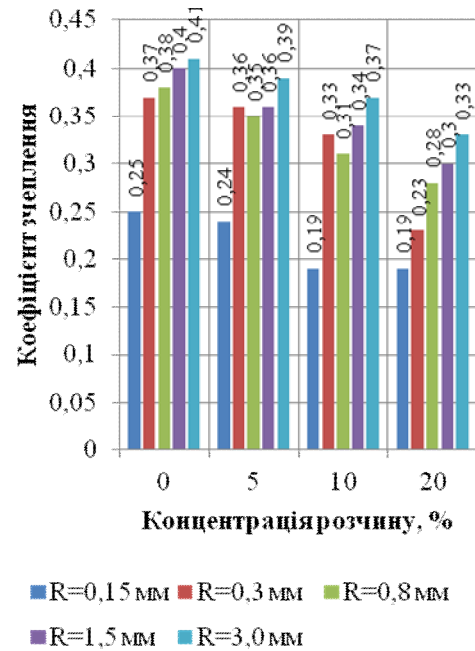


Рис. 4. Залежність коефіцієнта зчеплення від шорсткості покриття і концентрації розчину MgCl<sub>2</sub>

Після висихання такого протижелезедного матеріалу на покритті може утворюватися щільна плівка, що важко руйнується. небезпека руху вздовж такого покриття ускладнюється тим, що за зовнішнім виглядом вони не відрізняються від сухих чистих поверхонь, що мають високі значення коефіцієнта зчеплення.

Погодні умови також змінюють значення коефіцієнта зчеплення дорожніх покриттів, зволжених реагентами: у разі зниження температури повітря значення коефіцієнта будуть зменшуватися через збільшення в'язкості реагентів (рис. 5).

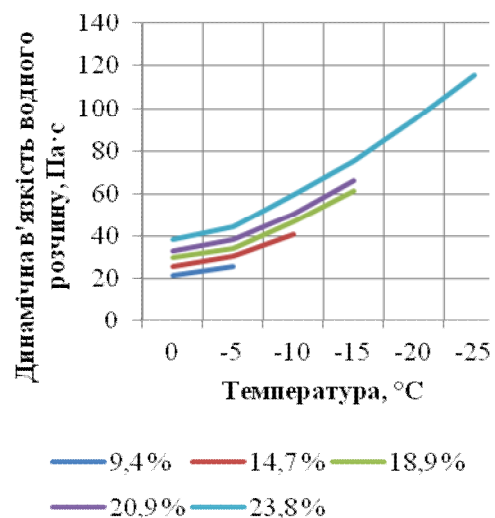


Рис. 5. Залежність в'язкості розчину NaCl від температури за різних концентрацій

Збільшення в'язкості призводить до значного зниження зчеплення за рахунок зростання опору розчину протиожеледного матеріалу видавлюванню його шиною.

Міцність зв'язків молекул зростає під час зниження температури, і високов'язкі, щільні розчини стають більш щільними в реальних умовах роботи.

У випадку опадів та їх швидкого танення коефіцієнт зчеплення буде підвищуватися в результаті зниження щільності і в'язкості розчину протиожеледного матеріалу.

### Висновки

У холодний період року велику роль в забезпеченні безпеки руху відіграють зчепні якості дорожнього покриття.

Основним способом боротьби з зимовою слизькістю в Україні є хімічний, за яким зчепні якості забезпечуються хімічними протиожеледними матеріалами.

Істотним недоліком усіх відомих на сьогодні реагентів є утворення на проїзній частині розчинів, що знижують зчепні якості дорожнього покриття більше, ніж у разі зволоження покриття водою. Величина зниження коефіцієнта зчеплення залежить від фізико-хімічних властивостей протиожеледного матеріалу й умов його застосування.

Оцінюючи властивості протиожеледних матеріалів, необхідно досліджувати їх вплив на коефіцієнти зчеплення дорожніх покриттів різної шорсткості за різних значень концентрації і температури.

Так само необхідно враховувати погодні умови – температуру повітря в холодний період, інтенсивність і тривалість випадання опадів.

Крім цього, введення до складу протиожеледного матеріалу речовин, що знижують в'язкість утвореного розчину, дозволить знизити негативний вплив на коефіцієнт зчеплення покриття.

### Література

1. ДТП в зимнее время. 2019. URL: <http://avtopravozashita.ru/dtp/zimnie-dtp.html> (дата звернення 12.09.2019).
2. Неутешительная статистика. 2019. URL: [https://www.krot.su/stati/gololed\\_glavnaia\\_prichina\\_na\\_dtp\\_zimoi/](https://www.krot.su/stati/gololed_glavnaia_prichina_na_dtp_zimoi/) (дата звернення 12.09.2019).
3. Кралин А. К., Шаймухаметов С. А. Возникновение зимней скользкости дорог и свойства льда. *Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури*. Вип. 2016–6(122). С.115–121.

4. Коллинз Д., Моррис М. Анализ дорожно-транспортных происшествий: Перевод с английского. Москва: Транспорт, 1991. 180 с.
5. R. Moore, L. Cooper. *Fog and Road Traffic. Transport and Road Research Laboratory Report*. 1972, no. 446, pp. 21–29.
6. Калужский, Я. А., Кисляков В. М., Бегма И. В. Повышение безопасности движения средствами дорожноэксплуатационной службы. Москва: Транспорт, 1991. 147 с.
7. Васильев, А. П., Немчинов М. В., Бородин К. А. Обеспечение удобства и безопасности движения: Обзорная информация. Москва: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1974. Вып. 3. 52 с.
8. Абельханова Д. Р. Повышение эффективности применения противогололедных реагентов при эксплуатации автомобильных дорог: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11. Москва, 2011. 23 с.
9. Ветрова В. В. Влияние антигололедных реагентов на дорожные условия и безопасность движения на автомагистралях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11. Москва, 2006. 24 с.
10. Теплофизические свойства и температура замерзания водных растворов NaCl и CaCl<sub>2</sub>. URL: <http://thermalinfo.ru/svoystva-zhidkostej/voda-i-rastvorov/teplofizicheskie-svoystva-i-temperatura-zamerzaniya-vodnyh-rastvorov-nacl-i-cacl2> (дата звернення: 15.09.2019).

### References

- *DTP v zimnee vremja*. [Traffic accident in winter]. Available at: [www.avtopravozashita.ru/dtp/zimnie-dtp.html](http://www.avtopravozashita.ru/dtp/zimnie-dtp.html) (accessed 12.09.2019).
- *Neuteshitel'naja statistika*. [Disappointing statistics]. Available at: [www.krot.su/stati/gololed\\_glavnaia\\_prichina\\_dtp\\_zimoi/](http://www.krot.su/stati/gololed_glavnaia_prichina_dtp_zimoi/) (accessed 12.09.2019).
- Kralin A. K., Shajmuhametov S. A. *Vozniknovenie zimnej skol'zkosti dorog i svoystva l'da*. [The emergence of winter slippery roads and properties of ice ] *Visnik Donbas'koï nacional'noi akademii budivnictva ta arhitekturi*. no. 2016-6(122). pp.115–121.
- 4. Kollinz D., Morris M. *Analiz dorozhno-transportnyh proisshestvii* [Traffic Accident Analysis]: Perevod s anglijskogo. Moskva: Transport, 1991. 180 s.
- 5. R. Moore, L. Cooper. *Fog and Road Traffic. Transport and Road Research Laboratory Report*. 1972, no. 446, pp. 21–29.
- 6. Kaluzhskij, Ja. A., Kisljakov V. M., Begma I. V. *Povyshenie bezopasnosti dvizhenija sredstvami dorozhno-jekspluatacionnoj sluzhby* [Improving traffic safety with road maintenance services]. Moskva: Transport, 1991. 147 s.
- 7. Vasil'ev, A. P., Nemchinov M. V., Borodin K. A. *Obespechenie udobstva i bezopasnosti dvizhenija* [Providing convenience and traffic safety]: Ob-

- zornaja informacija. Moskva: SBNTI Minavto-dora RSFSR, 1974. Vyp. 3. 52 p.
8. Abel'hanova D. R. *Povyshenie jeffektivnosti primeneniya protivogolodnyh reagentov pri jekspluatacii avtomobil'nyh dorog: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk* [Improving the efficiency of deicing reagents in the operation of roads. cand. tech. sci. abstract]: 05.23.11. Moskva, 2011. 23 p.
  9. Vetrova V. V. *Vlijanie antigolodnyh reagentov na dorozhnye uslovija i bezopasnost' dvizhenija na avtomagistraljah: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk* [The influence of anti-icing reagents on road conditions and traffic safety on highways: cand. tech. sci. abstract]: 05.23.11. Moskva, 2006. 24 p.
  10. *Teplofizicheskie svojstva i temperatura zamerzaniya vodnyh rastvorov NaCl i CaCl<sub>2</sub>*. [Thermophysical properties and freezing temperature of aqueous solutions of NaCl and CaCl<sub>2</sub>]. Available at: [www.thermalinfo.ru/svojstva-zhidkostej/voda-i-rastvory/teplofizicheskie-svojstva-i-temperatura-zamerzaniya-vodnyh-rastvorov-nacl-i-cacl2](http://www.thermalinfo.ru/svojstva-zhidkostej/voda-i-rastvory/teplofizicheskie-svojstva-i-temperatura-zamerzaniya-vodnyh-rastvorov-nacl-i-cacl2) (accessed 15.09.2019)

**Седов Андрій Віталійович**, к.т.н., доц. каф. будівництва та експлуатації автомобільних доріг, тел. +38 050-301-14-75, [avs.1708@ukr.net](mailto:avs.1708@ukr.net).  
**Фоменко Олена Олександрівна**, асистент каф. будівництва та експлуатації автомобільних доріг, тел. +38 050-107-08-02, [lensanfom0407@gmail.com](mailto:lensanfom0407@gmail.com), Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

#### Влияние хлористых противогололедных материалов на безопасность дорожного движения в зимний период

**Аннотация.** Зимний период отличается большим количеством дорожно-транспортных происшествий. Причиной их возникновения является именно скользкое дорожное покрытие. В Украине применяется химический метод борьбы с зимней скользкостью с использованием хлористых противогололедных материалов. В статье рассматриваются возможные последствия применения противогололедных материалов, которые заключаются в снижении сцепных характеристик покрытия при образовании на нем пленки раствора реагента после обработки. Именно этот раствор сглаживает естественный микропрофиль покрытия, снижая таким образом коэффициент сцепления. Погодные условия также изменяют значения коэффициента сцепления дорожных покрытий, увлажненных реагентами: при понижении температуры воздуха значения коэффициента будут уменьшаться по причине увеличения вязкости реагентов.

**Ключевые слова:** зимняя скользкость, хлористые противогололедные материалы, дорожные покрытия, коэффициент сцепления.

**Седов Андрей Витальевич**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. строительства и эксплуатации автомобильных дорог, тел. +38 050-301-14-75, [avs.1708@ukr.net](mailto:avs.1708@ukr.net),  
**Фоменко Елена Александровна**<sup>1</sup>, ассистент каф. строительства и эксплуатации автомобильных дорог, тел. +38 050-107-08-02, [lensanfom0407@...](mailto:lensanfom0407@...).  
<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, м. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

#### The effect of chloride deicing materials on road safety in winter

**Abstract. Problem.** The winter period is characterized by a large number of traffic accidents. The reason for the occurrence of traffic accidents is precisely slippery road surface. During icy conditions, vehicle handling is impaired, resulting in traffic accidents. **Goal.** In Ukraine, a chemical method is used to combat winter slippage, namely, chloride deicing materials. The aim of the work is to study the laws of reducing the adhesion characteristics of the road surface depending on the properties of the solutions formed after the use of chemical deicing materials. **Methodology.** Standard methods for investigating the coefficient of adhesion of the road surface are used. **Results.** The article discusses the possible consequences of the use of anti-icing materials, which are to reduce the adhesion characteristics of the coating when a reagent solution film is formed on it after processing. It is this solution that make smoother the natural micro-profile of the coating, thus reducing the adhesion coefficient. Weather conditions also change the coefficient of adhesion of pavements moistened with reagents: as the air temperature decreases, the coefficient values will decrease due to an increase in the viscosity of the reagents. **Practical value.** When assessing the properties of anti-icing materials, it is necessary to study their effect on the adhesion coefficients of paving of various roughness at various concentrations and temperatures. It is also necessary to take into account weather conditions - air temperature during the cold period, the intensity and duration of rainfall. In addition, the introduction of anti-icing material substances that reduce the viscosity of the resulting solution will reduce the negative impact on the adhesion coefficient of the coating. **Key words:** winter slippery, chloride anti-icing materials, road surfaces, adhesion coefficient.

**Siedov Andrii**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. Department of Road Construction and Maintenance, tel. +38 050-301-14-75, [avs.1708@ukr.net](mailto:avs.1708@ukr.net),  
**Fomenko Olena**<sup>1</sup>, Lecturer at the Department of Road Construction and Maintenance, tel. +38 050-107-08-02, [lensanfom0407@gmail.com](mailto:lensanfom0407@gmail.com),  
<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.