



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПГМ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Данная работа посвящена исследованию влияния химических противогололедных материалов на морозоустойчивость конструкции автомобильных дорог. Приведены методики и технологии введения в грунт солевых добавок. Отражена подготовка грунта, обработанного солевыми добавками, для испытания на морозное пучение. Исследована кинетика процессов морозного пучения эталонного грунта и грунта, обработанного солевыми добавками. Исследовано влияние вида и концентрации солевой добавки на степень морозного пучения грунтов. Выявлены коррелятивные связи влияния химических противогололедных добавок на показатели морозного пучения грунтов.

Грунты, дорожная одежда, химический стабилизатор, укрепление грунтов, морозное пучение, прочность, водостойкость.

В настоящее время химические противогололедные материалы в виде песчано-соляных смесей, раскислителей и чистых химических реагентов повсеместно используются в практике дорожного хозяйства Российской Федерации. Исследования, выполняемые в связи с их применением, чаще всего посвящены конкретным характеристикам понижения температуры замерзания, а также экологическим вопросам воздействия этих материалов на окружающую среду. Что касается их влияния на морозоустойчивость дорожной конструкции, то эти сведения в технической литературе отсутствуют. Целью данной работы является исследование влияния химических противогололедных материалов на морозное пучение грунтов земляного полотна автомобильной дороги.

Экспериментальные исследования с целью определения влияния противогололедных хлористых добавок, применяемых на автомобильных дорогах Вологодской области, на морозное пучение грунтов земляного полотна включали разделы:

1. Определение степени засоленности грунта земляного полотна на участке дороги с применением противогололедных добавок.
2. Определение пучинистых свойств грунтов отобранных проб.
3. Определение влияния засоленности на пучинистые свойства искусственно засоленных грунтов.

По первому разделу объектом исследований служила автомобильная дорога III категории регионального значения, на которой уже более 10 лет в качестве противогололедной добавки используется природный соляной рассол.

На выбранном участке дороги в трех створах, расположенных друг от друга на расстоянии 1–1,5 км, отбирались пробы грунта земляного полотна с глубины 1,8–2,0 м. По ГОСТ 25100-2020 этот грунт классифицировался как суглинок тугопластичный легкий пылеватый. Лабораторные испытания показали, что эти пробы имели засоленность 0,07, 0,02, 0,06 %.

Второй этап исследований включал испытание на морозное пучение трех образцов, изготавливаемых из пробы с засоленностью 0,06 %, а также этого же грунта после его раскисления. Работы по раскислению грунта включали высушивание грунта, его измельчение и заливку пятикратным объемом воды. В этом состоянии грунт выдерживали две недели, затем сливали воду и готовили грунт для дальнейших испытаний.

Испытание грунта на морозное пучение выполнялось на приборах конструкции Вологодского государственного университета. Более подробные сведения об этих приборах приведены в статьях авторов [3–9]. Методика проведения этих испытаний принималась в соответствии с рекомендациями ГОСТ 28622-2012.

Информация о засоленных грунтах посвящена рассмотрению вопросов:

- использования искусственного засоления грунта в качестве противопучинного мероприятия в фундаментостроении;
- использования искусственного засоления для комплексного выполнения земляных работ в зимнее время (разработка, транспортировка и укладка с уплотнением грунта);
- изучения характеристик засоленного грунта (в том числе мерзлого) в естественном залегании и их распространения.

Так, для засоления грунтов используются эвтектические растворы хлористого натрия, магния и кальция с температурой замерзания соответственно равной $-21,2$ °С, $-33,6$ °С и -55 °С. Помимо понижения температуры замерзания хлористые соли дают значительный эффект по снижению пучения. Это направление широко используется в фундаментостроении. Для засоления обычно используют как кристаллическую безводную соль, так и солевые растворы. Последние не рекомендуется применять в сильноувлажненных грунтах, во избежание вымывания этих солей из грунта.

При местном засолении грунта возникает диффузия солей из области большей в область меньшей концентрации. Через некоторое время после засоления происходит уменьшение концентрации грунтового раствора в пределах области местного засоления. Скорость проникновения водорастворимых солей в грунт может быть различна. По данным Печорского научно-исследовательского института, диффузия солей в талые связные грунты происходит со скоростью 2–3 см за 10 дней, а в мерзлые – в два раза медленнее.

Как установлено С.Б. Уховым [1] при отсыпке слоями в 30 см и послойном засолении суглинка хлористым натрием его засоление будет практически равномерным через 70–80 дней. В мерзлом суглинке при температуре от -1,4 до -4,8 °С равномерное засоление будет достигнуто через 80–100 дней.

Исследования о влиянии противогололедных добавок на окружающую среду показали, что использование как пескосоляной смеси, так и рассолов приводит к накоплению в грунтах химических элементов и солей. Отмечается изменение их концентрации в различные периоды времени.

К недостаткам метода засоления грунта также относят увеличение морозоопасности грунта при его рассолении, ускорении коррозии металлических конструкций, а в некоторых случаях – разрушение грунто-битумных покрытий.

Результаты выполненных испытаний представлены на графиках деформации морозного пучения – время для трех образцов грунта из отобранной пробы на рисунке 1, а для рассоленного грунта этой пробы – на рисунке 2.

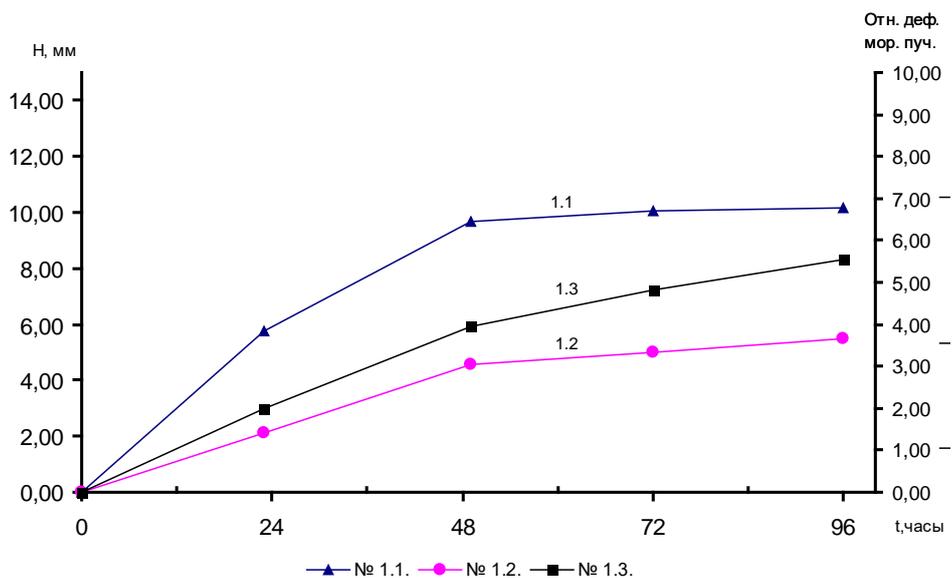


Рис. 1. График зависимости деформации морозного пучения от времени для отобранного образца грунта

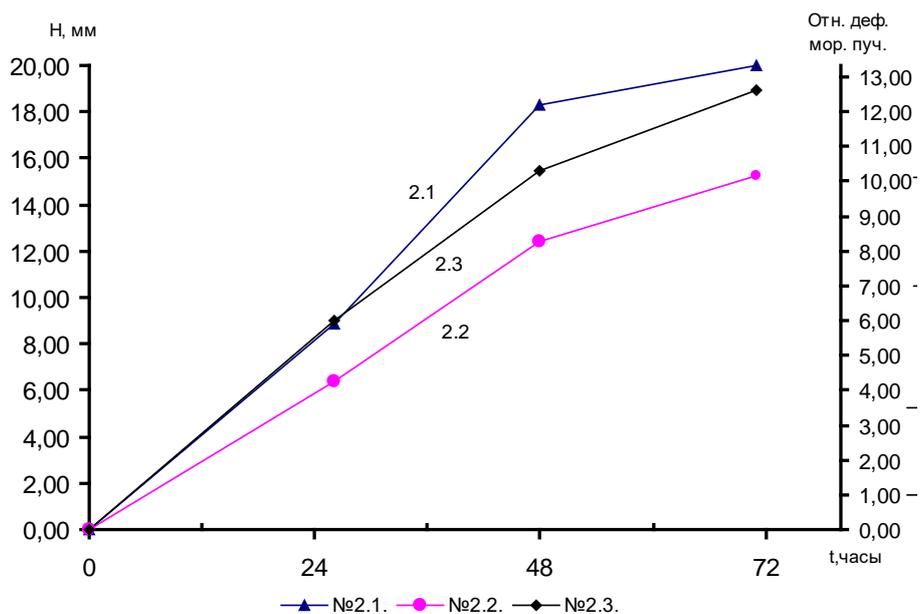


Рис. 2. График зависимости деформации морозного пучения от времени для рассоленного образца грунта

Справа на графике приведена шкала относительной деформации морозного пучения для стадии полного промерзания образца и классификация степени морозного пучения по ГОСТ 25100-2020 [2]. Эти данные показывают, что при 2 рассолении грунта его пучинистые свойства повышаются. Так, среднее значение относительной деформации увеличилось более чем в два раза, а степень морозного пучения со среднепучинистого повысилась до чрезмернопучинистого.

Третий этап исследований включал подготовку двух типов (глинистого и песчаного) искусственно засоленных грунтов и испытание их на морозное пучение. Эти грунты классифицировались как супесь пылеватая и мелкий песок. Для засоления грунтов использовалась соль хлористого натрия. Из каждого вида грунтов изготавливалось по два образца незасоленного грунта и с засоленностью 0,075 % и 0,15 %.

Пример графика нарастания деформации морозного пучения во времени для незасоленного супесчаного грунта и с засоленностью 0,075 % приведен на рисунке 3.

По результатам выполненных испытаний полученные значения относительной деформации мороз-

ного пучения образцов и их классификация по степени морозного пучения приведены в таблице.

Из приведенных данных следует, что уже при значении засоленности, близком к тому, которое было установлено для глинистого грунта земляного полотна на дорогах, где используются противогололедные добавки, относительная деформация морозного пучения уменьшилась примерно в 3 раза.

При традиционной технологии нанесения противогололедных добавок на дорожное покрытие нет уверенности, что засоленность земляного полотна будет постоянной. В первую очередь это связано с применением песчано-соляных смесей, поскольку за счет диффузии солей будет происходить локальное засоление отдельных участков земляного полотна. Неравномерность засоления тела грунта земляного полотна обусловит неравномерность деформации дорожного покрытия, вызванную морозным пучением. Эти деформации могут привести к нарушению морозостойкости дорожной конструкции, даже если она была обеспечена расчетом для незасоленного грунта.

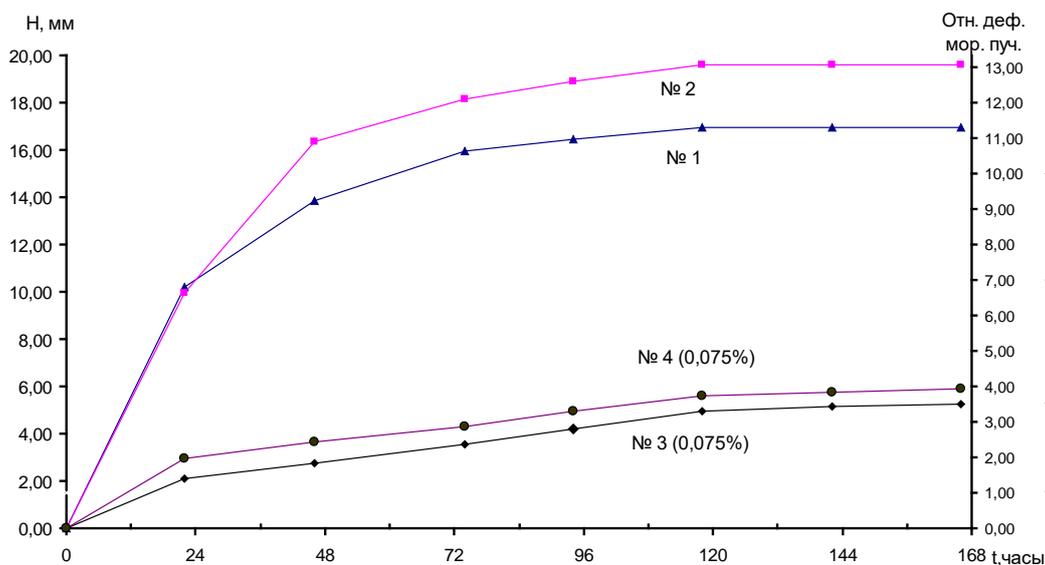


Рис. 3. График зависимости деформации морозного пучения: время для незасоленного грунта – образцы № 1, № 2, с засоленностью 0,075 % – № 3, № 4

Таблица

Значения относительной деформации морозного пучения образцов и их классификация

Вид грунта		ϵ_{fn} , %	$\epsilon_{fn\text{cp}}$, %	Степень морозного пучения по ГОСТ 25100-2020
Эталонный незасоленный грунт	Песчаный	1,73	1,85	Слабопучинистый
		1,97		
	Глинистый	11,29	12,18	Сильнопучинистый
		13,07		
Грунт с засоленностью 0,15 %	Песчаный	1,25	1,18	Слабопучинистый
		1,10		
	Глинистый	4,28	4,00	Среднепучинистый
		3,71		
Грунт с засоленностью 0,075 %	Песчаный	0,99	1,47	Слабопучинистый
		1,95		
	Глинистый	3,50	3,72	Среднепучинистый
		3,94		

В заключение следует отметить, что для решения проблемы, связанной с влиянием противогололедных добавок на морозоустойчивость дорожной конструкции, исследование необходимо продолжить в следующих направлениях:

1. Влияние вида добавки и способа нанесения ее на дорожное покрытие на величину и неравномерность засоленности грунта земляного полотна.

2. Определение характеристик морозного пучения для всех видов глинистых грунтов при засоленности, вызываемой применением противогололедных добавок.

3. Определение засоленности грунтов на стадии инженерно-геологических изысканий при реконструкции и ремонте автомобильных дорог.

Для рекомендации новых химических реагентов в качестве противогололедных добавок необходимо иметь результаты экспериментальных определений их влияния на пучинистые свойства грунта.

Литература

1. Ухов, С. Б. Об искусственном засолении суглинистых грунтов для строительства в зимнее время / С. Б. Ухов // Известия вузов. Серия: Строительство и архитектура. – 1959. – № 1.

2. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация : введен 2021-01-01. – Москва : ФГУП Стандартинформ, 2020. – 38 с.

3. Kagan, G. L. Effective Design Solutions in the Design of Shallow Foundations / G. L. Kagan, V. A. Shorin, A. Y. Velsovskij // IOP Conference Series: Materials

Science and Engineering. – 2018. – Vol. 463, Issue 2. – P. 022073.

4. Kagan, G. L. To the question of improvement the normative methodology for calculating the frost resistance of a road structure / G. L. Kagan, V. A. Shorin, A. Y. Velsovskij // E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 463, Issue 2. – P. 022073.

5. Velsovskij, A. Y. Development of a New Method for Checking Frost Heave in Roads / A. Y. Velsovskij, V. Karpov, E. Smirnova // Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering. – 2015. – Vol. 168, Issue 5. – P. 49–54.

6. Shorin, V. A. A new diagnostic instrument and method for stabilization of heaving soil in the beds of structures / V. A. Shorin, G. L. Kagan, A. Y. Velsovskij // Soils Mechanics and Foundation Engineering. – 2008. – Vol. 45, Issue 4. – P. 114–147.

7. Shorin, V. A. Reliability of Indirect Methods for Evaluation of the Heaving Properties of Soils / V. A. Shorin, G. L. Kagan, A. Y. Velsovskij // Soils Mechanics and Foundation Engineering. – 2012. – Vol. 49, Issue 3. – P. 111–114.

8. Kagan, G. L. Effective Design Solutions in the Design of Shallow Foundations // G. L. Kagan, V. A. Shorin, A. Y. Velsovskij // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 463, Issue 2. – P. 022073.

9. Kagan, G. L. A method for construction of an energy-efficient ice floating pier in the Arctic using hardened ice / G. L. Kagan, L.R. Mukhametova, A. Y. Velsovskij // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 178. – P. 01064.

*V.A. Shorin, A.Y. Velsovsky
Vologda State University*

INVESTIGATION OF CHEMICAL PGMS EFFECT ON CHARACTERISTICS OF AUTOMOBILE ROADS BED

This work is devoted to the study of the influence of chemical deicing materials on the frost resistance of the road structure. Methods and technologies for introducing salt additives into the soil are presented. The preparation of the soil treated with salt additives for testing for frost heaving is reflected. The authors study the kinetics of the processes of frost heaving of reference soil and soil treated with salt additives. The influence of the type and concentration of the salt additive on the degree of frost heaving of soils is examined. Correlative relationships of the influence of chemical deicing additives on the indicators of frost heaving of soils are revealed.

Chemical deicing additives, saline soil, frost heaving of soils, highways, frost resistance.